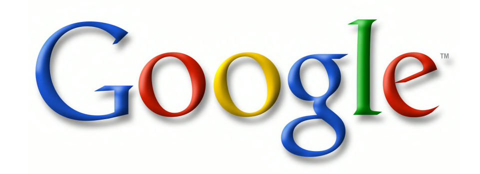
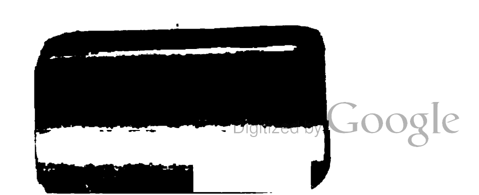






Die feuerfesten Tone.

Die Feuerfesten Tone.

Deren

Vorkommen, Zusammensetzung, Untersuchung, Behandlung und Anwendung.

Mit Berücksichtigung der feuerfesten Materialien überhaupt.

Von

Prof. Dr. Carl Bischof,

Ehren-Mitglied des Deutschen Vereins für Ton-, Zement- und Kalkindustrie
und des Oesterreichischen Tonindustrievereins.

Dritte, unter Mitwirkung von Dr. Hermann Kaul
neubearbeitete Auflage.



Mit 90 in den Text gedruckten Figuren.

Leipzig
Verlagsbuchhandlung von Quandt & Händel.
1904.

Vorwort zur dritten Auflage.

Vorerst habe ich hier meines hochgeschätzten Mitarbeiters, des verdienstvollen Keramikers Herrn Dr. Hermann Kaul zu gedenken, welcher inzwischen allzu früh zum tiefsten Bedauern des Verfassers vor der gänzlichen Fertigstellung der neuen Auflage im Alter von 30 Jahren gestorben ist. Seine letzte dem Buche gewidmete Tätigkeit war die Durchsicht der Korrektur des ersten Kapitels, welches von dem Hingeschiedenen eine wesentliche und sehr dankenswerte Vervollständigung erfuhr.

Die bisherige Kapiteleinteilung wurde beibehalten. Bei dem Untersuchungskapitel fand mit der zunehmenden Forschung eine noch weitere Vermehrung statt. Inbetreff der keramischen Öfen wurde eine Übersicht derselben, wenn auch in kurzer Form, gegeben.

War ich auch bei Bearbeitung der neuen Auflage wiederum bestrebt, auf wissenschaftlicher Grundlage das Haltbare von dem Unhaltbaren zu sondern, und anderseits tunlichst praktische, d. h. wirklich brauchbare Vorschriften zu bieten, so kann doch nur fortgesetztes Durcharbeiten zum sichern Ziele führen. Ich erneuere daher mit der Bitte um Nachsicht das Ersuchen, vornehmlich an alle Industrielle, mir Berichtigungen wie Ergänzungen, (ganz besonders über Unbewährtes) im allgemeinen Interesse weiterhin zukommen zu lassen. Sollte so durch willkommene Beihülfe Anderer meinem ernstlichen Wollen das vollkommenere Vollbringen sich anreihen,

so würde eine durchgreifende Förderung der gestellten Aufgabe damit zu erhoffen sein.

Aus einer während des Druckes veröffentlichten wichtigen und wertvollen Arbeit habe ich das wesentliche am Schlusse des Buches in Form eines Zusatzes mitgeteilt, auf den hier noch besonders hingewiesen sein möge.

Wiesbaden, im Juli 1904.

C. Bischof.

Inhaltsübersicht.

Erstes Kapitel.
Vorkommen des Tones.

Zweites Kapitel.
Zusammensetzung der Tone.

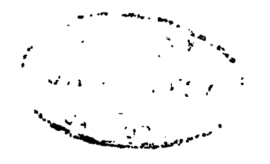
Drittes Kapitel.
Untersuchung und Untersuchungsmittel.

Viertes Kapitel.

Behandlung des Tones und dessen Versatzmittel.

Fünftes Kapitel.

Anwendung des Tones.



ERSTES KAPITEL[1]).

Vorkommen des Tones.

Allgemeines und Besonderes. — Bildungsweise des Kaolins und Tones. — Plastizität und Schwinden der Tone. — Gewinnung des Tones. — Lokales Vorkommen: Fundorte der Kaoline; Fundorte der Tone. — Natürliche feuerfeste Gesteine.

Vorkommen des Tones.

Begriff: Ton, griechisch: Keramos, altdeutsch: Tohn, französisch: argile, englisch: clay, dieser technisch überaus umfangreiche Kollektivbegriff ist für die Technologie jedes tonerdehaltige Silikat, welches durch Aufnahme von einer gewissen Wassermenge einen zur Gestaltung zureichenden Bildsamkeitsgrad erlangt, den es durch Austrocknen vorübergehend, durch Brennen im Feuer andauernd verliert.

Chemisch ist darunter und zwar im weiteren Sinne zu verstehen ein Aluminiumdoppelsilikat (die sogenannte Tonsubstanz) bestehend aus wasserhaltiger, kieselsaurer Tonerde mit kieselsauren Erden, Alkalien und Eisen; hingegen chemisch im engeren Sinne ist Ton das Aluminiumsilikathydrat oder das Hydrosilikat von Aluminium, die amorphe, wasserhaltige, kieselsaure Tonerde. Das Wasser ist in chemisch gebundenem Zustande oder als Konstitutionswasser vorhanden. Weder das einfache noch das doppelte Silikat wird in der Natur, ausgenommen etwa in Form von Kaolinitkriställchen, rein angetroffen.

Existenz: Der Ton tritt entweder selbständig auf oder als größerer oder geringerer Gemengteil, so als Bindemittel vieler Konglomerate, Sandsteine usw.

Ursprung und Verbreitung. Der Ton ist kein ursprüngliches Gebilde, sondern ein sekundäres, zuletzt stabiles, erdiges Verwitterungsresultat, welches sich in sämtlichen geologischen Epochen, wenn auch meist in den jüngeren und überhaupt mehr in vertikaler wie horizontaler Richtung, verbreitet findet. Als letztes wässeriges Überbleibsel verschiedener Gesteinzerstörung erscheint derselbe als chemisches Zersetzungs- wie mechanisches Zerreibungsprodukt zahlreicher Gesteine der Familie der feldspathaltigen und der Tongesteine.

Im weitesten Sinne sind diese pelitischen Sedimente in unverändertem und mehr oder weniger verändertem Zustand, in denen wasserhaltige Aluminiumsilikate der Ton- und Glimmergruppe eine wesentliche Rolle spielen. Die Ver-

1) Von vornherein muß ich bei den weiteren Kapiteln den Leser um Nachsicht bitten, wenn hier und da Wiederholungen vorkommen, die wegen einer dadurch bewirkten mehr abgerundeten und übersichtlichen Zusammenfassung nicht zu umgehen waren.

änderungen zeigen sich in einer mehr und mehr fortschreitenden Verfestigung des ursprünglichen schlammartigen Sedimentes zu einem wohlgeschichteten oder auch druckschiefrigen Gesteinskörper und einer damit Hand in Hand gehenden Bildung authogener Gemengteile aus den ursprünglich rein klastischen Sedimenten bis zu vollständiger Umkristallisation derselben [1]).

Als diese unterscheidet man: Ton, Schieferton, Tonschiefer, Phyllit oder Tonglimmerschiefer. Neben der tonigen Grundsubstanz, die als Ton schlechthin, wie als Kaolinit auftreten kann, sind allenthalben feinster Quarzsand und andere Mineraltrümmer mehr oder weniger reichlich beigemengt. So gehen die Tone über in Lehm und tonigen Sand, bezw. in Tonsandstein mit noch mehr oder minder quarzitischem Charakter. — Die steigende Beimengung von Kalk oder Dolomit führt hinüber zu den Mergeln, Mergelschiefern, Kalktonschiefern und Kalkphylliten. — Alle diese vielen Glieder der Familie Tongesteine fallen jedoch für die besonderen Zwecke dieses Buches außer Betrachtung. Sie sind insofern von Interesse, als aus den verschiedenen Tongesteinen durch mechanische Umwandlung und chemische Zersetzung wahrscheinlich ein kleiner Teil unserer „echten Tone“, mit denen wir es zu tun haben, entstanden sein dürfte. — Ein kleiner Teil, denn der weitaus größte Teil der feuerfesten Tone entstammt der direkten Zersetzung von feldspatreichen Ergußgesteinen, bezw. sind dieselben aus dem dabei gebildeten Kaolinit entstanden. Man unterscheidet daher zweckmäßig nach Rösler [2]), dessen bahnschaffender Arbeit wir später noch wiederholt begegnen werden, zwischen Kaolintonen, den „echten“ Tonen, die hauptsächlich aus Kaolinit bestehen und den wahrscheinlich kaolinitfreien „Verwitterungstonen“, unter denen eine Reihe von Zwischentypen durch größeren oder geringeren Gehalt des einen oder anderen Haupttypus entstehen.

Das wertvollste Glied der Familie der Tongesteine ist für uns die reinste Form der Umwandlung feldspatführender Gesteine, der Kaolin. — Der Transport durch das Wasser, dem die Tone unterlagen, hat die verschiedensten Ausbildungen des inneren Gefüges, wie überhaupt vieler physikalischer Verschiedenheiten der Tone untereinander bewirkt.

Lagerungsstruktur der Tone. Unter innerem Gefüge oder gewissermaßen Struktur ist beim Ton die Art der Richtung von dessen zusammengelagerten Gemengteilen, d. h. dessen kleinsten, kleinen und gröberen Teilen zu verstehen, während die Textur die Art der räumlichen Anordnung bezeichnet. Beobachtungen beim Schlämmen der Tone [3]) lehren die Strukturverhältnisse näher kennen, wie sie Sand und Mineralstaub im Ton modifizieren. Sand, Mineralteile und Tonsubstanz werden nach der Schwere gesondert und zwar ersterer in einer frühzeitigern Ablagerung und nach der herrschenden Strömung hinausgestreckt. Dabei ist die Absonderung in Schichten und die Ausbildung einer planen Parallelstruktur um so vollständiger, je mehr Wasser zum Schlämmen genommen wird. Eine solche Struktur, welche mit der Richtung der Schichtung parallel läuft, finden wir im allgemeinen bei den aus einem verhältnismäßig dünnen Schlamm abgelagerten Tonen. Natürlich zeigt die Ablagerung die nachträglichen tektonischen Veränderungen, welche der Absatz mit durchmachen mußte, also Verwerfungen, Aufrichtungen, Knickungen und dergleichen mehr. Der Ton oder die Gruppe von Gebirgsbildungen, welche

---

1) Rosenbusch, Elem. d. Petrographie 1901. S. 434 u. ff.
2) Rösler, Beiträge z. Kenntnis einiger Kaolinlagerstätten 1902. Stuttgart.
3) Notizbl. III, 220; V, 235.



wir als Tone, Schieferton und Tonschiefer kennen, findet sich [1]) geschichtet, als Produkt kürzer andauernder und unterbrochener, oder massig als Folge lange Zeit andauernder ununterbrochener Ablagerungen. Es gibt Lager, bei denen keine Spur von Schichtung, d. h. parallele Absonderungsflächen, zu bemerken sind und die in ihrer ganzen Mächtigkeit eine große Gleichmäßigkeit zeigen.

Eine solche durchaus gleichmäßige Beschaffenheit trifft man besonders bei den fetten Tonen an. Gewöhnlich zeigen dieselben in ihrer inneren Textur eine homogene Masse mit fettig glänzenden Partien, teils sich ablösende, teils eigentümlich eingedrückte und gewundene Glanzflächen, die sogenannten Rutschflächen, Quetschflächen und Spiegelflächen. Diese Quetsch- und Rutschflächen geben Zeugnis von dem mehr oder weniger bedeutenden Druck, den nicht nur der Ton selbst durch sein eigenes Gewicht auf das Tonlager ausgeübt, sondern andere überlagernde Schichten ins Unermessliche steigern, wie von Bewegungen des ganzen Lagers oder von Teilen. Unter solch enormem Druck wird — wie angenommen werden muß — mit der Zeit ein Tonlager enthydratisiert und verwandelt sich ein Ton in Schieferton von oft bedeutender Härte.

Die Tonlager, die geschichteten wie die ungeschichteten, sind nicht selten von oben bis unten von Rissen und Spalten oder Klüften durchsetzt.

Als besondere Erscheinungen sind anzuführen die häufig dem Tone unregelmäßig einlagernden und dessen Gleichmäßigkeit in der Bearbeitung so störenden Verballungen, Butzen, Knüppel und Körner, wie ferner die sogenannten Schluffsubstanzen, welche als meist kleinere Schichten bandartig den Ton durchsetzen und endlich verschiedene fremdartige Beimengungen, die entweder sporadisch eingebettet sind, oder als Gerölle und Sand abwechselnd lagern.

Ferner trifft man Lagerungen an, bei denen der Habitus des Muttergesteins noch vorhanden ist, so namentlich die Rohkaoline an primärer Lagerstätte.

Physikalische Konstitution des Tones. Nach den Untersuchungen von Aron soll dem Tone in seinen kleinsten Teilen eine kugelförmige Gestalt eigen sein; dagegen Biedermann und Herzfeld [2]) und andere eine mehr oder weniger kristallinische Gestalt wollen beobachtet haben. Die Genannten konnten bei einer mit linearen Vergrößerungen von 800, 1200 und 1800 vorgenommenen Untersuchung verschiedener Tone, auch desjenigen von Grünstadt, keine Kugeln [3]) entdecken, welche Aron [4]) in letzterem Tone unter dem Mikroskope bei 750 facher Vergrößerung beobachtet hatte. Einige Tone, sagen Biedermann und Herzfeld, zeigten ganz gut begrenzte kristallinische Formen, andere nur Bruchstücke von diesen, andere wieder ganz unregelmäßige, undefinierbare Figuren und äußerst feine Teilchen. Die stärker zerkleinerten Tone, deren Kristallgebilde zum größten Teil zerstört sind, sind diejenigen, die den weitesten Weg von dem Orte ihres Ursprungs bis zu der gegenwärtigen Lagerstätte zurückgelegt haben und sie sind plastischer als der reine Kaolin, der durch die Ortsbewegung nicht oder nicht in dem Maße verändert worden ist, und in dem die kristallinischen Gebilde noch deutlich erkenn-

1) cf. Türrschmidt, Notizbl. IV, S. 347.
2) Notizbl. 1878, S. 264.
3) Auch Olschewsky stellt die Kugelform sehr in Frage. Töpferzeitung 1879, S. 137. 4) Notizbl. 1873, S. 167.

bar sind. Bei allen Tonsorten, die untersucht wurden, sind hexagonale Platten oder Scheiben unter dem Mikroskop gesehen worden, die oft zu prismatischen Bündeln angeordnet sind. Dies stimmt überein mit dem Befunde zweier amerikanischer Gelehrten, Johnson und Blake[1]), welche in dem Tone die Gegenwart eines Minerals von bestimmter Kristallform und chemischer Zusammensetzung annehmen, das sie Kaolinit nennen.

Ferner sind bezüglich der Kristallinität des Kaolins und seiner Zugehörigkeit zu einem System noch zu nennen die Arbeiten von Ehrenberg[2]), Knop[3]), Safařik[4]), Cross u. Hillebrand[5]) und Hills[6]), welche alle die große Ähnlichkeit der Formen mit dem hexagonalen System konstatierten, wogegen Dick[7]) und Miers[8]) sich für das monokline, Reusch[9]) für das trikline System aussprechen. Nach den Arbeiten von Kasai[10]) und den von Rösler[11]) sowie meinen eigenen mikroskopischen Beobachtungen, möchte ich, die Röslersche Zusammenfassung über die kristallographische Charakteristik des Kaolinites wörtlich zitierend, mich zu dessen Definition bekennen: „Der Kaolinit besitzt eine vollkommene Spaltbarkeit nach der Basis, und ist stets dünntafelig nach derselben Fläche ausgebildet. Seine Lichtbrechung ist etwa gleich der des Kanadabalsams, seine Doppelbrechung schwach, ungefähr wie die des Quarzes; der scheinbare Winkel der optischen Achsen ist sehr groß, die spitze negative Bisectrix bildet einen Winkel von 12⁰ nach der kristallographischen Achse. Die Achsenebene ist senkrecht zur Symmetrieebene, Spaltblättchen sind daher wenig schief zur Axenebene bei symmetrischem Austritt der Achsen".

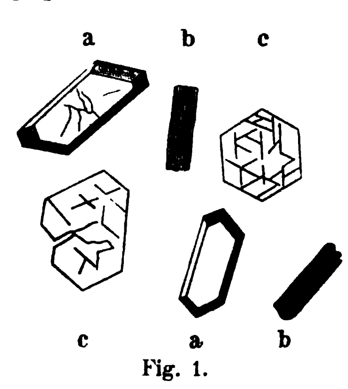


Fig. 1.

Endlich ist noch hervorzuheben eine Arbeit von Hussak. Derselbe untersuchte außer dem Kaolinit, dem Kaolin in reinster Form, welcher in mikroskopischen und rundum ausgebildeten Kriställchen im Jahre 1887 in Denver, Colorado, auf der National Belle Mine, auf Klüften in Höhlungen eines Trachytes aufgefunden wurde und der fast genau der Kaolinformel ($Al_2O_3SiO_2 + 2H_4O$ oder $H_4Al_2Si_2O_3$) entspricht[12]), mehrere bekannte Kaoline, englischen Chinaclay, gewöhnlichen und feinsten

1) Am. Journ. of Science and Arts. Vol. 43. p. 351.
2) Ehrenberg, über mikroskop. neue Charaktere der erdigen und derben Mineralien. Poggend. Annalen 1836. 39. 103.
3) Jahrb. f. Miner. u. Krist. 1859. p. 551 u. 593.
4) Über böhm. Kaoline. Sitzungsber. k. böhm. Ges. Wiss. Prag. 1870. S. 4.
5) Amer. Journ. Science 1883. 26. Nr. 154. p. 271 u. Bull. U. S. Geol. Survey 1885. N. 20. p. 97.
6) Amer. Journ. Science 1884. (3) 27. N. 162. p. 472.
7) Mineral. Mag. 1888. 8. N. 36. p. 15.
8) Mineral. Mag. 1890. 9. N. 11, p. 4.
9) Neues Jahrb. f. Min. 1887. 2. S. 70.
10) Inaug.-Diss. München. 1896.
11) a. a. O.
12) Eine Probe dieses kristallisierten Kaolins, übersandt von Prof. Orton in Kolumbus, legte Fiebelkorn auf der 22. Hauptversammlung des Vereins deutscher Fabriken feuerfester Produkte vor. (Tonind.-Ztg. 1902. No. 28.)

Kaolin aus Cornwall, böhmischen und solchen von Limoges, wie von der Nahe nebst einem schwarzen sächsischen Ton. Das Resultat war: 1. daß dem Kaolinit monokline Kristallform zukommt; die Kriställchen nähern sich aber in den Winkeln sehr dem hexagonalen System und zeigen Tafelform (oP × ∞ P. P∞) öfters noch mit Pyramiden und Domenflächen (Fig. 1 a). Parallel zur Tafelfläche (= oP) ist eine sehr vollkommene Spaltbarkeit zu beobachten, wo die Kriställchen aufrecht stehend gezeichnet sind (Fig. 1 b). In dünnen Täfelchen zeigen sich den Seiten parallel laufende Risse, welche keine Spaltrisse sind, sondern den Gleitflächen entsprechen (Fig. 1 c). 2. daß in den bezeichneten Kaolinen, wie im Tone, der Kaolinit durchweg in gleicher Form als Schüppchen erscheint, dagegen aber in den geschlämmten Proben nie mehr eine regelmäßig begrenzte Form aufzuweisen war. In dem untersuchten sächsischen Ton fand Hussak die Kaolinschüppchen bei weitem kleiner als bei den Kaolinen. In betreff der Angaben der verschiedenen Forscher dürften demnach bei den Kaolinen regelmäßiger und bestimmter begrenzte, wie größere Kristallformen der kleinsten Teilchen im Gegensatze zu den plastischen Tonen als unzweifelhaft gelten, wenn auch hinsichtlich der Form dieser kleinsten Teilchen noch wesentliche Widerspsüche nicht zu verkennen sind.

So soll nach Schumacher (Sprechsaal 1883, No. 24, 1885, S. 183) der Ton aus kleinen Teilchen von verschiedener unregelmäßiger Gestalt und in Übereinstimmung mit den vorgenannten Beobachtern verschiedener Größe bestehen, welche mit der Plastizität der Tone an Größe abnehmen, bei sehr fetten Tonen am kleinsten sind und bei wenig plastischen Kaolinen z. B. den englischen Chinaclaysorten und namentlich dem sogenannten Paperclay am größten erscheinen (siehe auch Rösler, a. a. O.).

Kennzeichen des Tones. — Der Ton ist erdig zerreiblich und besonders der plastische fühlt sich fettig an und ist im Strich glänzend. Seine Härte ist sehr gering, in der Regel = 1. Von Säuren wird er nur teilweise gelöst, von heißer Schwefelsäure jedoch vollständig zersetzt. Im Wasser ist er erweichbar. Gefriert der nasse Ton, so werden die Tonteilchen gelockert und bei eintretendem Tauwetter zerfällt er in eine krümelige Masse.

Charakteristisch ist ferner die größere und geringere plastische Formbarkeit durch Wasseraufnahme. Das Aufnahmevermögen des Tones für Flüssigkeiten ist so bedeutend, daß derselbe bis 70 Proz. Wasser enthalten kann ohne zu tropfen; ebenso saugt er gierig Öle auf und absorbiert Gase, z. B. Ammoniak, wie Faraday konstatierte. Mit dem Wasser werden zugleich die gelösten sowie färbende Stoffe mit eingesogen und beim Verdunsten zurückgehalten. Ferner zeigen die Tone eine außergewöhnliche Wasserdichtigkeit („Wasserhärte") und beim Anfeuchten (Anhauchen) einen eigentümlichen Geruch; — welche Eigenschaften aber durch starkes Glühen verloren gehen. Charakteristisch ist endlich die sehr geringe Wärmeleitungsfähigkeit des ungebrannten Tones.

Bestandteile des Tones. Allgemein zusammengefaßt enthält der Ton als Hauptbestandteile — inklusive der akzessorischen Flußmittel: Eisen, Erden und Alkalien meist in Verbindung mit Kieselsäure — das hydratische Tonerdesilikat oder den eigentlichen Ton. Ferner findet sich, wie gesagt, stets mehr oder weniger Sand, namentlich Quarzsand, beigemischt, wovon die eigentümliche, in der Regel untergeordnet vorkommende, mitunter auch gänzlich fehlende Masse, Schluff genannt, zu unterscheiden ist. Die genannten drei Körper lassen sich in physikalischer Hinsicht charakterisieren:

Eigentlicher Ton (mineralfreier oder Tonsubstanz) ist plastisch, bindend wie schwindend. Trocknet ein zu einer harten, rissigen, mit dem Fingernagel polierbaren, glänzenden Masse. Spezifisches Gewicht = 2,2.

Nach Hecht (Tonindstr.-Ztg. 1891, No. 3) sind die bis zu 0,01 mm Korngröße abgeschlämmten Bestandteile eines Tones als der vorwiegend plastische Teil desselben zu betrachten. Mit dem Namen „Tonsubstanz“ bezeichnet man dagegen in seiner reinsten Form den Kaolinit (chem. Formel $Al_2Si_2O_7 \cdot 2H_2O$). In Prozenten berechnet, bestände demnach die Tonsubstanz aus:

39,7 Proz. Tonerde,
46,4 „ Kieselsäure,
13,9 „ Wasser.
100,0 Proz.

Wie von anderen Forschern [1]) gefunden wurde, und auch Hecht angibt, läßt sich dieselbe auf mechanischem Wege (durch Schlämmen) nicht rein darstellen. Sie enthält meistens geringe Beimengungen von feinstem Staubsand, und umgekehrt findet sich bei den durch Schlämmen abgesonderten gröbern Körnchen von 0,1 bis 0,03 mm Größe, dem genannten Schluff, noch Tonsubstanz. Mit mechanischen Hilfsmitteln ist also die Tonsubstanz vollständig rein oder ohne Verlust nie abzuscheiden; die so hergestellte Tonsubstanz darf demnach — abgesehen von dem wenig wissenschaftlichen und unbestimmten Ausdruck, wofür wohl bezeichnender die Benennung „möglichst mineralfreier Ton“ zu wählen wäre, keineswegs dem reinen hydratischen Tonerdesilikat gleichgestellt oder damit verwechselt werden.

Sand. Derselbe kann von primärem oder sekundärem Ursprung sein. Knirscht beim Reiben in der Achatschale und ist nicht plastisch. Beim Trocknen verhält er sich nicht mehr zusammenhängend. Spez. Gew. 2,6.

Sandbeimengung drückt, abgesehen von großem Überschuß in reinster Beschaffenheit, die Schwerschmelzbarkeit eines Tones, sofern es auf hohe pyrometrische Anforderungen ankommt, herab.

Schluff. Der Schluff ist ein übrig bleibendes Verwitterungsprodukt der Muttergesteine, woraus der Ton entstanden ist und bildet einen feinst verteilten Staub verschiedener Mineralien.

Im Gegensatze zum eigentlichen Ton verwandelt sich derselbe beim Eintrocknen nicht in eine harte, fest zusammenhängende Masse, sondern gibt wie der Sand ein loses, staubiges aber nicht knirschendes Pulver, welches beim Reiben mit dem Fingernagel matt und nicht polierbar ist. Spec. Gew. 2,2 bis 2,6.

Eine größere Menge Schluff macht einen Ton für feuerfeste Zwecke völlig unbrauchbar.

Seltnere Bestandteile des Tones. Zu dem bezeichneten stets vorhandenen Sande wie dem zuweilen fast absolut abwesenden Schluffe oder den Mineraltrümmern, und der wohl nie vollständig ausgeschlossenen organischen, humosen oder kohligen Substanz kommen die mitunter sich findenden, zufälligen, sowie seltenen Bestandteile.

Hierher gehören: Glimmer, Schwefelkies, derbere Geröllstücke und anderseits fremde Metalle oder Metallverbindungen sowie sporadisch sich einstellende

1) Nach Versuchen von Vogt hielt eine Tonmilch, worin feinst pulverisierter Glimmer, Quarz und Feldspat eingerührt wurde, selbst nach 9tägigem Absatze von allen drei Mineralien noch quantitativ bestimmbare Mengen zurück. (Ziegel u. Zement 1896. No. 1.)

Stoffe. Der Schwefelkies, dieser häufige Begleiter, namentlich der Braunkohlentone, ist in feuerfester Hinsicht wegen seines Ausseigerns und Springens von gefährlicher Wirkung.

Andererseits pflegen aber die schwefelkieshaltigen Tone sonst sehr rein zu sein [1]), was mit der Bildung des Schwefelkieses in ihnen zusammenhängen dürfte. Durch Schlämmen läßt sich der spezifisch schwerere Schwefelkies abscheiden. — Wichtig bei Verarbeitung schwefelkieshaltiger Tone ist die rasche Verwertung des geförderten Tones und die Vermeidung längeren Lagerns im Freien. Die schon meist etwas wenig frischen Schwefelkiese gehen bei Einwirkung der Atmosphärilien in Sulfate über, die bei weiterer Zersetzung mit vorhandenen Kalksalzen sich in Eisenoxyd umsetzen oder Anlaß zu Verfärbungen geben. Wird dagegen der Ton grubenfrisch geschlämmt, so können die Schwefelkiese zum größten Teil ausgeschieden werden. — Noch ist zu bemerken, daß der Schwefelkies meist in der Form des Marcasits, also des rhombischen Vertreters des sonst regulären Schwefelkieses auftritt. Die Bildung des Schwefelkieses wird man zum großen Teil der Einwirkung von schwefelhaltigen organischen Verbindungen, zum Teil auch von Gips auf im Ton enthaltene Eisenoxydsalze zuschreiben können (cf. Kaul, Inaug.-Diss. Erlangen 1900, dortselbst auch Literatur). Auch können namentlich die an Schwefel nicht armen Meerorganismen mit Eisen aus dem Wasser das Material zur Schwefelkiesbildung geliefert haben. — Eine künstliche Bildung von Schwefelkies beobachtete Schumacher in Steingutmassen, welche aus dem Bodensatz des Feuersteinbottichs stammten, wovon die Ursache in einem Gipsgehalt des Feuersteins zu suchen, wenn nicht vorhandener kohlensaurer Kalk durch Einfluß des Brennmaterials beim Kalzinieren in Schwefelkalzium übergeführt wurde. Das Schwefelkalzium aber entwickelt mit Wasser Schwefelwasserstoff, der mit Eisenverbindungen, sofern keine oxydierenden Einflüsse walten, Veranlassung zur Schwefelkiesbildung gibt.

In den Braunkohlentonen, wie auch stellenweise in den Steinkohlenschiefertonen findet man fast stets Schwefelkies, während er in den Kaolinen selten angetroffen wird.

Tonvarietäten. — Man kennt fette, magere, plastische, schieferige, farbige Tone und solche, die irgend einen Bestandteil oder auch mehrere vornehmlich enthalten und welche davon ihre Bezeichnung alaun-, eisen-, gips-, kalk-, sand-, salzhaltige, — bituminöse, mergelige, specksteinartige und lehmige empfangen.

Je nach ihrer Anwendung führen die Tone verschiedene Namen: als feuerfester Ton, Schamotte-, Fayence-, Hafen-, Kapsel-, Mörtel-, Pfeifen-, Porzellan-, Röhren-, Steinzeug-, Tiegel-, Töpfer- und Ziegelton, wovon die in gesperrter Schrift gedruckten in der Regel zu den feuerfesten Tonen gehören. Der Ton zeichnet sich ganz besonders durch einen außerlich großen Varietätenreichtum aus, wovon Türrschmiedt sagt: „vergeblich möchte sich die menschliche Zunge abmühen, ihn zu erschöpfen“, und in der Tat, was für grundverschiedenen Stoff vom reinsten Kaolin bis herab zur tonigen Ackererde schließt nicht der Begriff Ton ein!

Um die vorfindlichen natürlichen Verhältnisse zu veranschaulichen unterlasse ich nicht, Türrschmiedts eigene Worte anzuführen.

---

1) Ein typisches Beispiel hierfür ist der berühmte Löthainer Steingutton.

„Wir kennen“, sagt er, „die großen quantitativen Differenzen in den Gemengteilen der Urgesteine, die fast noch größeren in der chemischen Beschaffenheit solcher Gemengteile, eben solche Differenzen in der elementaren Zusammensetzung der jüngeren vulkanischen Gesteine, und, wenn wir sie alle, diese für den Gedanken kaum noch zu bewältigenden Massen, uns unter der Wirkung des Verwitterungsprozesses vorstellen, dessen Einfluß chemisch und mechanisch sehr verschieden sich betätigt, so haben wir den vollständigen Begriff von der Materie, welche die Wissenschaft mit dem Namen Ton verbindet. Wären die Muttergesteine immer von gleicher Beschaffenheit, wäre der Verwitterungsprozeß immer derselbe, oder erreichte er immer das gleiche Stadium, so könnten die Tone einen gleichmäßigeren Charakter gewinnen.“

„Nun haben wir aber so viel Tone wie die Muttergesteine Varietäten aufweisen, und so viel Tonvarietäten als Verwitterungsprozesse denkbar sind, um ein Muttergestein in Ton zu verwandeln. Daher gibt es kein Tonlager, das dem anderen absolut gleich wäre, die Haupteigenschaften stempeln es zu Ton, während die zahlreichen Varietäten von der Fabrikation zu beachten sind, da nach ihnen der Ton zu behandeln und zu bearbeiten bleibt.“

So unleugbar der Varietätenreichtum der Tonablagerungen, speziell bei dem gemeinen Tone ein außerordentlich großer ist, dessen Ausdehnung von den ihn begleitenden Umständen beeinflußt war, so muß doch bemerkt werden, daß für unsere Zwecke, wo es sich bloß um „echte“ edle Tone, das sind eben alle feuerfesten Tone, und Kaoline handelt, ganz andere Verhältnisse vorliegen. —

Obschon die Tone nicht allein an den verschiedenen Fundorten, sondern selbst an ein und derselben Stelle, je nach der Lage, große Verschiedenheit zeigen, so dürfen wir anderseits nicht übersehen, daß Tone gleichen geognostischen Vorkommens viel Übereinstimmendes und Charakteristisches aufweisen und in ihrer besten Varietät oft erstaunlich ähnlich sind. So zeigen z. B., wie weiter unten eingehender folgt, Tone (Schiefertone) aus der Steinkohlenformation, am Rhein, in Schlesien nnd in Böhmen, also in bedeutenden Enfernungen, eine fast völlige Identität der Zusammensetzung, wie dasselbe mehr oder weniger bei nicht wenigen geschlämmten Kaolinen und auch von so manchen hoch plastischen feuerfesten Tonen gilt [1]).

Die häufigeren Beimengungen der Tone rühren im allgemeinen her: 1. von ursprünglichen, nicht veränderten Gesteinsteilen (mechanisch beigemengter Quarz, Feldspat und Glimmer), 2. von anderen gleichzeitig bei der Entstehung oder später gebildeten Produkten (kohlensaurer Kalk, kohlensaure Magnesia, Eisenoxydhydrat usw.), 3. von nachträglicher mechanischer Beimengung fremder Gesteinsteile (Sand, Torf, Bitumen usw.).

Im Speziellen enthalten die Tone Gerölle, Kalk (darunter Muscheln und Koprolithe), den schon erwähnten Feldspat und Glimmer, stets Sand und sehr häufig organische Reste, Tierreste [2]), nicht selten Kohle, auch Harz, sowie

1) Bei der Auswahl eines Tones zu einem bestimmten Zweck ist jedoch daran zu erinnern, daß es mit dem Tone wie mit so vielen Handelsartikeln geht, die von einem rennomierten Produktionsorte stammen, aber dennoch von sehr verschiedener Güte sein können. Diese einfache, bekannte Tatsache, so leicht erklärlich dieselbe ist, darf nie übersehen werden. cf. d. Verf.: die Meißner Tone im engeren Sinne und deren sehr bedeutende pyrom. Verschiedenheit. Sprechsaal 1885, 5.

2) So wurde im Ton das Skelett eines Walfisches gefunden. s. Tonind.-Ztg. 1900. No. 8.



Fragmente von Bernstein und Glaspartikelchen vulkanischen Ursprungs. In selbst zuweilen regelmäßiger Verbreitung hat man ferner darin gefunden, außer Schwefelkies, phosphorsaures Eisen, Salze, Blei [1]), Kupfer, Titan [2]), Vanadin [3]), Molybdän [4]), Chrom [5]), Kobalt [6]), Gold [7]) und Cer im gelben Tone Dänemarks, nicht zu vergessen ein Gehalt an Fluor [8]) und Borsäure, der mit der Entstehung der Kaoline zusammenhängt.

Bezüglich der einzelnen akzessorischen Mineralien folge ich gerne der so oft schon zitierten mustergültigen Arbeit Röslers, in der ich so manche eigene, aber bei Rösler in vollendeterer Weise erkannte, Beobachtung am Mikroskop wiederfand:

Xenotim, Monazit, Glimmermineralien (Biotit, Muscovit, Lithionglimmer, Gilbertit), Titanit, Rutil, Magnetit, Anatas, Hussakit, Zirkon, Chrysoberyll, Phenakit, Staurolith, Dumortierit, Andalusit, Sillimanit, Disthen, Klinozoisit, Prehnit, Granat, Chlorit, Skapolith, Hornblende, Graphit und selbst Diamant, Opal, Turmalin, Topas, Flußspat, Eisenspat.

---

1) Der Verf. Töpfer- u. Z.-Ztg. 1881, No. 50.

2) Über die pyrometrische Stellung der Titansäure liegt eine Arbeit von Cramer und weiter ausgeführt von Seger vor. Tonind.-Ztg. 1883, No. 27), wonach dieselbe ein kräftigeres Schmelzmittel wie die Kieselsäure ist und gewissermaßen einen mittleren Platz zwischen letzterer und den eigentlichen Flußmitteln einnehmen dürfte. Ein bedeutender Einfluß der etwa bis jetzt entgangenen Titansäure, auf die Schwerschmelzbarkeit der Tone, ist nicht anzunehmen, so lange die Titansäure, der von nun an jedenfalls mehr Beachtung zu schenken ist, nicht in größerer Menge in den Tonen (die größte Menge war bis dahin 1,90 Proz. [Smock, Geologial survey of New Jersey 1878, fand in einer Reihe amerikanischer Tone stets Titansäure und zwar bis zu 1,9 Proz.]) aufgefunden werden wird. Kosmann fand in verschiedenen Schiefertonen Niederschlesiens, so denen von der Wenzislausgrube bei Hausdorf, einen Gehalt von Titansäure, welcher 0.31—0,44 Proz. des gebrannten Materials betrug (Tonind.-Ztg. 1883, No. 52), Titansäure findet sich in Tonen vor in Form dünner länglicher Nadeln, als Rutil. — Nach Vogt ist auf Grund einer Reihe von Untersuchungen im Laboratorium von Sévres die Titansäure in den Tonen sehr verbreitet. 37 daselbst analysierte Tone enthielten sämtlich Titansäure in wägbarer Menge, und zwar betrug der Gehalt bis zu 2,08 Proz. — Dr. Edgar Odernheimer fand in durch Verwitterung der Basalte gebildeten Tonmassen im Nassauischen bis zu 4,6 Proz. Titansäure. — Beiläufig erwähnt gibt sich die Gegenwart der Titansäure beim Abdampfen der Flußsäure durch die stahlblaue Färbung des Tiegelbodens analytisch zu erkennen. (Tonind.-Ztg. 1903. No. 91.)

3) Vanadin. Seger fand in einem Ziegelstein 0,155 Proz. Wirkt grünfärbend beim Brennen des Tones. Tonind.-Ztg. 1877, No. 34. 1878, S. 354. Nach Kosmann stammt daselbst das Vanadin aus dem Kupferschieferflötz des Zechsteins. (Algen sind öfters als Vanadin die Ursache der „berühmten" Vanadinausblühung gewesen.)

4) Gibt eine ähnliche Färbung, Tonind.-Ztg. 1877, No. 53.

5) Chrom desgleichen wirkt gelb- oder grünfärbend. Chromsäure ist flüchtig. Tonind.-Ztg. 1881, No. 46 und 1882, No. 38.

6) Kobalt. Blaufärbend verschiedene Steinkohlenschiefer, beim Brennen. Der Verf. Töpfer- u. Z.-Ztg. 1880, No. 44 und 51.

7) Gold. In einem Tonlager unter dem Pflaster Philadelphias hat man den Goldgehalt zu 126 Millionen Dollars berechnet. Zeitschr. der Tonwarenindustrie 1878, S. 283.

8) Neuerdings ist die Aufmerksamkeit auf einen der Vegetation schädlichen Gehalt in den Tonen an Fluor gelenkt worden, welches darin als Fluorkalzium oder in Form von Silikaten enthalten sein kann. Ermittelt wurde so von W. Graf in verschiedenen Tonen eine in die Hundertel gehende Menge bis zu 0,027 Proz. Fluor, mit Hülfe einer Methode von Wislicenus. (Tonind.-Ztg. 1903, No. 70.)

Über den Zusammenhang dieser Akzessorien mit der Genesis der Kaoline und Tone wird an anderer Stelle noch zu sprechen sein.

Färbungen des Tones. — Der Ton erscheint in der Natur meist in grauer, vielfach in bläulicher bis blauer, aber auch schwarzer, gelber, roter und brauner Farbe und dazwischen liegenden Nüanzierungen. — Die Färbung eines Tones ist entweder durch die in einer trüben Flüßigkeit oder schlammigen Masse suspendierten festen Teile, oder durch aufgelöste Stoffe bewirkt worden. Unter den durch mechanische Beimengung färbenden festen Substanzen sind es namentlich schwimmende Kohlenteilchen, welche ebenso empfindlich, wie intensiv eine Färbung ins Bläuliche bis Dunkelblaue und bei größerer Anhäufung von Kohle bis ins Schwarze hervorbringen. Auch unter den in Lösung vorhandenen Stoffen spielen organische, so die humusartige, welche bräunliche bis dunkelbläuliche Färbungen zuwege bringen, eine ähnliche Rolle. Sowie die Färbung auf letzterem Wege recht allmählich von statten geht, ebenso findet, beiläufig bemerkt, auch die Klärung des Tones in einem humushaltigen Wasser außerordentlich langsam statt.

Außer den Färbungen durch organische Stoffe entstehen die mannigfaltigsten Färbungen durch eisenhaltige Beimischungen. Eisenoxydul findet sich als solches seiner leichten Oxydierbarkeit wegen nicht im Tone vor, dagegen ist die in manchen Tonen nachweisbare Verbindung Eisenoxydul mit Eisenoxyd als Eisenoxydoxydul vorhanden. Die färbenden Eigenschaften des Eisens bewirken entweder eine bestimmte oder meist eine weniger reine Farbengebung, gelb, rot, grün oder schmutzigfarben usw. nur in verschiedenen Intensitätsabstufungen, oder Mischungen dieser Farben in mannigfaltigster und zuweilen in ganz eigentümlicher Weise. Eine die Eisenfärbung modifizierende Rolle spielt das in den Tonen auch vorkommende Mangan.

Die Eisenfärbungen ändern sich stets mit der Erhitzung und sind, abgesehen von dem maßgebenden quantitativen Verhältnis[1]) und der Verteilung der Eisenmenge oder gewissen, im Ton vorhandenen Beimengungen oder auch dem physikalischen Zustande (Struktur, Porosität oder Verdichtung) der Tonmasse, in verhältnismäßig geringen Hitzgraden von der chemischen Beschaffenheit der Feuergase abhängig.

Je nachdem in den Öfen eine oxydierende oder reduzierende Atmosphäre vorherrscht, entstehen verschiedene Oxydationsstufen und endlich selbst metallisches Eisen.

Andere Stoffe, wie schweflige Säure können aus den Brenngasen von dem Eisen in seinen verschiedenen Oxydationsstufen aufgenommen werden. In sehr hoher Temperatur, wo eine Dissoziation der Eisenverbindungen eintritt, ist die Höhe der Temperatur entscheidend. Bei der Erhitzung kommt es vor, daß zwei gleichfarbige rohe Tone sich verschiedenartig brennen (von zwei blauen Tonen kann der eine rot und der andere gelb werden) wie andererseits bei zwei verschiedenfarbigen eine gleiche Farbe eintreten kann (ein roter und gelber Ton können nach dem Brennen dieselbe Farbe zeigen). Es vermögen, wie schon angedeutet, gewisse Beimengungen eine sonst sich ein-

---

1) Seger fand auf Grund einer Reihe von Brennversuchen, daß über einen gewissen Gehalt hinaus (über 8 Proz.) das Eisenoxyd nicht mehr erheblich stärker färbend wirkt. Tonind.-Ztg. 1891. No. 16. Man s. ferner Farbe und Färbungen der Tone H. Zeiger (Töpfer- u. Z.-Ztg. 1899, No. 56), sowie d. Verf. hinzugebrachtes metallisches Eisen im geschlämmten Kaolin.



stellende Färbung zu verhindern, wie dies vom Kalk bekannt ist, der (durch Bildung eines Eisenoxyd-Kalksilikats), wenn er in hinreichender Menge und gleichzeitig feinst verteilt vorhanden, eine Rotfärbung nicht aufkommen läßt oder, falls eine solche auch eingetreten ist, dieselbe in gelb verwandelt. Forschungen auf diesem Gebiete haben angestellt Remelé, Mené, Michaelis und hauptsächlich Seger, dessen bekannten Arbeiten wir in kurzer Wiedergabe der wesentlichen Punkte folgen.

Als Anhalt für die Färbungen, welche das Eisen in den Tonen beim Glühen derselben bewirkt, kann das geglühte Eisenoxyd für sich in seinen verschiedenen Reduktionsstufen bis selbst hin zum metallischen Eisen (Fe) dienen. In Rotglühhitze brennt sich das Eisenoxyd (Fe_2O_3) gelbrot, welche Färbung um so dunkler wird, je höher die Temperatur steigt. Bei starkem Glühen wird die Farbe dunkelrot, braun oder dunkelviolett. In reduzierender Atmosphäre ergibt sich eine niedrigere Oxydationsstufe, Oxydoxydul (Fe_2O_3, FeO oder Fe_3O_4) oder Oxydul (FeO) oder ein Gemenge von metallischem Eisen und Eisenoxydul oder schließlich metallisches Eisen allein. Die Verbindungen sind alle schwarz gefärbt.

Wenn sie wieder oxydierend erhitzt werden, so ergibt sich eine neue Bildung des Eisenoxyds, Sauerstoff wird aufgenommen und die rote Farbe erscheint, aber in anderer Nuance [1]). Im Scherben oder in der Glasur ruft im allgemeinen das Eisenoxyd eine gelbe oder rote Färbung hervor, das Eisenoxydul eine grüne und das Eisenoxydoxydul verschiedene Farbentöne bis schwarz. Nach Knapp soll bei der Temperatur für Porzellanscharffeuer einzig und allein das magnetische Eisenoxyd (Fe_3O_4) beständig sein, welches weder gelb noch bläulich färbt. Derselbe Forscher hebt dabei ausdrücklich hervor, daß nicht allein die Flammenbeschaffenheit von entschiedenem Einfluß auf die färbende Wirknng des Eisens im Scherben ist, sondern daß namentlich auch die Höhe der Brenntemperatur eine sehr ausschlaggebende Rolle spielt. Seger klassifiziert die Tone nach den Färbungen, die sie beim Brennen annehmen können, in

a) Tonerdereiche und eisenarme, welche sich weiß brennen oder kaum merklich färben, wie Kaolin, Pfeifenton, Fayenceton usw., welche selbst bei einem Eisengehalt von einigen Prozenten, namentlich, wenn der Hitzgrad nicht ein allzuhoher) weiß bleiben, vielleicht durch Einwirkung der überschüssigen Tonerde;

b) Tonerdereiche und mäßig eisenhaltige Tone, welche beim Brennen blaßgelb bis lederbraun werden. Hierher gehört die Mehrzahl der plastischen Tone mit 20 bis 30 Proz. Tonerde und darüber und 1 bis 5 Proz. Eisenoxyd für edlere Zweige der Keramik und für feuerfeste Materialien [2]). Diese Tone

---

1) Man vergleiche Seger, Vortrag in der 26. Gen.-Versammlg. des deutschen Vereins für Fabrikation von Ziegeln, Tonwaren usw.

2) Es gibt feuerfeste Tone, welche sich in einem geringen Hitzgrade gelblich, dann aber in höheren Graden immer weißer brennen, wobei infolge der gesteigerten Temperatur eine hellfarbige Verbindung entsteht. Auch wird die Eisenfärbung abgeschwächt (verdünnt) durch einen reichlichen Überschuß weißbrennender Körper, wie z. B. Quarz- oder Feuersteinpulverzusatz. Andererseits wird in höherer Temperatur die Wirkung des Eisens bei einem Tone verstärkt, namentlich durch die Anwesenheit von freier Tonerde, welche das Eisenoxyd von seiner Verbindung mit Kieselsäure isoliert. Ein Kaolin mit einem Gehalte von nur 0,64 Proz. Eisen, aber einem solchen von 41,38 Proz. Tonerde und darunter 0,91 Proz. freier, brannte sich in Gußstahlschmelzhitze bläulichgrau, dagegen in geringerer Temperatur weiß. D. Verfasser. Notizblatt des Kalkbrenner-Vereins. 1881.

brennen sich um so heller je größer die Tonerdemenge dem Eisenoxydgehalt gegenüber ist;

c) Tonerdearme und eisenreiche Tone, die je nach der Temperatur beim Brennen eine rote, intensiv rote, violettrote und endlich blauschwarze Farbe annehmen;

d) Tonerdearme, eisen- und kalkreiche Tone, die sich gelb brennenden Ziegelerden, Tonmergel. Mit steigender Temperatur wird die anfangs rote Farbe immer heller und geht ins gelblichweiß bis weiß über, beim Schmelzen entstehen gelbgrüne und grüne, schließlich dunkelgrüne bis schwarze Farben

Die Tone c und d gehören zu den nicht feuerfesten.

Eisen, pyrometrische Stellung. — Was die Rolle des Eisens in pyrom. Beziehung als Flußmittel angeht, so wirkt das Eisenoxydul eher und kräftiger flußbefördernd, wie das Eisenoxyd, welche ss wenigsten teilweise immer erst vorher eine Reduktion oder bei hochgesteigerter Temperatur eine Dissoziation erfahren muß, um leichtflüssigere Verbindungen hervorzubringen. Umgekehrt verhält es sich, beiläufig bemerkt, beim Kupfer, bei dem nach Alex. Schmidt das Kupferoxyd ein stärkeres Flußmittel für Porzellan-Emaille abgibt, als Kupferoxydul. Es ist noch anzuführen, daß sehr eisenhaltigen Tonen ein Aufblähen eigentümlich ist. Bei der Reduktion des Eisenoxyds zu Eisenoxydoxydul oder Eisenoxydul, wozu neben dem Kohlengehalte der Brenngase die in den Tonen stets vorhandene organische Substanz Anlaß gibt, entwickeln sich Kohlenoxyd und Kohlensäure, welche ein Auftreiben herbeiführen. Etwas Schwefelkies kann dabei durch Bildung von schwefliger Säure mitwirken.

Verunreinigungen, Salze. Zu den Beimengungen der Tone gehören auch die Salze und lösliche Stoffe. Sehr geringe Mengen davon finden sich wohl in jedem Tone und sie können selbst einen beträchtlichen Teil ausmachen. Enthielt das Wasser, aus dem sich der Ton absetzte, Salze, so mußte von dem im Absetzen begriffenen Tonschlamm bereits ein gewisser, wenn auch sehr kleiner Teil mit niedergerissen werden, welcher aber größer wurde, wenn das Absetzen in abgeschlossenen Seen stattfand und durch Verdunstung die Salze des Wassers sich anreicherten. Die Salze, welche um so völliger zur Lösung kommen, je mehr und länger das Anmachewasser damit in Berührung ist, zeigen sich oft erst an der Luft oder bilden sich im Feuer oder werden auch im Verlaufe der Fabrikation mit dem Wasser hinzugeführt. Bekanntlich ist der Ton im stande, auch von den im Wasser gelösten Salzen aufzunehmen. Beim Trocknen scheiden sich dieselben in fester Form aus und da die Verdunstung, so lange der Ton noch nicht porös geworden ist, nur an der Oberfläche stattfindet, so muß sich hier die Ablagerung zeigen und zwar am meisten an solchen Stellen, wo die Verdunstung am größten und die Oberfläche am dichtesten ist. Das Salzausblühen tritt daher vornehmlich an den Kanten oder hervorragenden Teilen und dort hervor, wo durch ein Anfassen oder sonstwie verdichtete Flächen sich befinden, dann aber auch später dort, wo durch Regen eingesickertes Wasser am meisten bis zur Oberfläche dringt und wo an diesen die stärkste Verdunstung stattfindet, oder an Windseiten der Bauten. Die sich ungleichartig als weißer Beschlag ausscheidenden Salze schädigen nicht bloß das Ansehen der Ziegelbauten, sondern sie bilden auch eine Gefahr für deren Bestand. Es finden dabei unter Wasseraufnahme und Kristallbildung Volumenvergrößerungen, ebenso wie beim Frieren [1]) durch Entstehung von

1) Man hat früher die auseinander treibende Wirkung des gefrierenden Wassers dadurch nachahmen wollen, daß man Glaubersalz in den Poren des zu



Eiskristallen statt, die absprengend auf den Ziegel wirken und wenn auch besonders bei geringer Menge anfangs deren Einfluß noch so unbedeutend sein mag, so wiederholt doch jeder Regenguß dasselbe Spiel der Zerstörung, welche sich endlich um so stärker äußern wird, je mehr die Salze große Kristalle zu bilden bestrebt sind. Am meisten ist hier der schwefelsaure Kalk (Gips) zu fürchten, weil er bei einer Löslichkeit in etwa 450 Teilen Wasser zuerst von allen vorhandenen Salzen zur Ausscheidung gelangt. Andererseits je leichter löslich die Salze, wie die schwefelsauren von Magnesia, Kali und Natron, um so mehr machen sie sich schon in geringen Mengen bemerkbar. In pyrometrischer Beziehung sind bekanntlich die Salze des Magnesiums und Kalziums die wirksamsten Flußmittel, welche außerdem als Chlorverbindungen wegen ihrer stark hygroskopischen Eigenschaften besonders gefährlich werden können. Beiläufig bemerkt, kann man die Effloreszenzen beschränken durch chemische oder mechanische und andere Mittel. Man sucht, was indessen vollkommen nur schwierig zu erreichen ist, die löslichen Salze mittels eines Zusatzes in unlösliche Verbindungen zu verwandeln, oder zieht auch die salzbildenden Basen in den lufttrocknen Steinen durch verdünnte Säure aus, oder man entfernt die Salze einfach durch Abbürsten. Man taucht ferner die noch feuchten und salzfreien Steine in Steinkohlenteer, so daß die Ablagerung der Salze nicht unmittelbar auf dem Tone, sondern dem Teer statt hat, und diese mit dessen Wegbrennen verschwinden. Statt des Teers benutzt man auch in mehr sauberer Behandlung Roggenmehlkleister. Es wird auf diese Weise der Salzüberzug der Steine auf die entfernbare Umhüllung hinausverlegt. Nach Hönnecke werden Verfärbungen der Verblendsteine, welche von Schwefelverbindungen (schwefels. Salzen) herrühren, sicher beseitigt durch Anwendung des Trockenpreßverfahrens und bei Naßpressen durch Anwendung von Witherit. (Man s. f. Tonind. Ztg. 1897. No. 30.) Andere Mittel dürften sein ein Auslaugen der Salze oder Überführung in unschädliche Verbindungen durch Zersetzung oder Brennen bis zur völligen Sinterung, oder endlich ein Verdichten der Steinmasse durch Zusätze beim Brennen derselben soweit, daß sie kein Wasser mehr aufnehmen [2][3].

Bildungsweise des Kaolins und Tones.

Man hat seither die Bildungsweise des Kaolins einfach als einen Verwitterungsvorgang der feldspatreichen Erstarrungsgesteine betrachtet, also in erster Linie der Granite, Aplite, Syenite, Quarzporphyre, Liparite, Rhyolite, Pechsteine und andere. — Die Zersetzung des Feldspates zu Kaolin ließ sich, wenn man die Hauptagentien der Atmosphärilien — Kohlensäure und Wasser

---

prüfenden Ziegels zur Kristallisation gelangen ließ. Nachdem aber Lunge nachgewiesen, daß das Glaubersalz bei der Kristallisation nicht eine Ausdehnung, sondern im Gegenteil eine Volumenverminderung zuwege bringt, ist die älteste von Brand herrührende Prüfungsmethode in dieser Beziehung wertlos geworden. Vergl. Töpfer-Ztg. 1884, S. 308 und ferner Tonind.-Ztg. 1886, No. 6.

1) Eine eingehende Besprechung von Entstehung, Vermeidung und Beseitigung von Ausschlägen auf Ziegelsteinmauerwerk findet sich Töpfer- u. Z.-Ztg. 1892, No. 51. Ferner s. m. Kap. V, Ausschläge oder Auswitterungen der Tonfabrikate, sowie betreffende besondere Schriften.

2) Siehe auch die hübsche Arbeit von Günther, Inaug. Diss., Rostock 1896, welche die Frage der Auswitterung eingehend behandelt.

— sich auf den Feldspat wirkend dachte, für die wichtigsten Feldspate leicht in folgender Weise erklären:

Orthoklas: SiO_2 : 64,86, Al_2O_3 : 18,29, K_2O : 16,85 } aufgenommen, 6,45 Proz. H_2O; entfernt SiO_2 43,24, K_2O 16,85 = 60,09

Gebildet Kaolin: **46,36** Proz. = 21,62 Proz. SiO_2 + 18,29 Proz. Al_2O_3 + 6,45 Proz. H_2O.

Albit: SiO_2 : 68,81, Al_2O_3 : 19,40, Na_2O : 11,79 } entfernt: 45,87, 11,79 } + 6,85 Proz. H_2O = 57,66

Gebildet Kaolin: **49,19** Proz. = 22,94 SiO_2 + 19,40 Al_2O_3 + 6,85 H_2O.

Anorthit: SiO_2 : 43,30, Al_2O_3 : 36,63, CaO : 20,07 } aufgenommen 12,92 H_2O; entfernt 20,07 CaO

Gebildet Kaolin: 92,85 = 43,30 SiO_2
36,63 Al_2O_3
12,92 H_2O

In Formeln:

Orthoklas: $2\,(KAlSi_3O_8) - 4\,SiO_2 - K_2O + 2\,H_2O = H_4Al_2Si_2O_9$,

Albit: $2\,(NaAlSi_3O_8) - 4\,SiO_2 - Na_2O + 2\,H_2O = H_4Al_2Si_2O_9$;

Anorthit: $(Si_2O_8Al_2Ca) - CaO - 2\,H_2O = H_4Al_2Si_2O_9$.

In dieser Form, die man, wie gesagt, als Verwitterung des Feldspates bezeichnete, fand die Anschauung über die Genesis des Kaolins Eingang in alle Lehrbücher der Chemie und Mineralogie. So fand sie sich bis jetzt auch in den Veröffentlichungen der keramischen Literatur. — Der Vollständigkeit halber soll daher die Erklärungsweise wie sie auch in der 2. Auflage dieses Buches sich findet, noch einmal vorgebracht werden, wobei jedoch bemerkt werden muß, daß nur für gewisse Tone eine ähnliche Entstehung — und dies cum grano salis — angenommen werden kann, für Kaoline aber und die Mehrzahl der echten, edlen, feuerfesten Tone die später folgende Möglichkeit der Bildungsweise festgehalten werden muß.

Verwittern feldspathaltige Mineralien, d. h. fallen sie, abgesehen von Mitwirkung vegetativer Art, dem Einfluß des Wassers anheim, welches in die feinsten Haarrisse eindringt, darin zu Eis [1]) erstarrt, sich dabei ausdehnend, die Risse erweitert und im Verein mit sich stetig und unbegrenzt erneuernden Kohlensäure und Sauerstoff, besonders unterstützt durch Temperaturwechsel, um so kräftiger wirkt, so wird ganz allgemein die Doppelverbindung aufgehoben, es entstehen einfache Silikate und beginnt ein Auslaugen des kieselsauren Alkali durch die Kohlensäure. Wird weiter das Eisenoxyd redu-

1) Die Wirkung des gefrierenden Wasser besteht nicht bloß in dem mechanischen Effekt, in Lockerung und Sprengung, sondern in einer kristallinischen Massenordnung, welche das Wasser bei seinem Übergang in Eis bewirkt. Ähnlich wie beim Frieren wirkt beim Verwittern die Entstehung kristallisierbarer Salze, welche einmal durch chemische Bindung von Wasser ein größeres Volumen annehmen, dann aber auch durch die Kristallisationskraft eine Sprengung der Masse bewirken. Notizbl. VI, 110f. Ferner zieht nach Volger der entstehende Eiskristall Wasserteilchen mit großer Kraft an und treibt dadurch auseinander. Nach A. Mürz und den Untersuchungen von Winogradsky sollen auch Bazillen bei der Zerstörung und Verwitterung der Gesteine ein felsverzehrende Rolle, doch nur in der warmen Jahreszeit ausüben. Köln. Ztg. 1890.

ziert und als kohlensaures Eisenoxydul nebst einem Teil Kieselsäure fortgeführt, so bleibt als rückständiges Material, unter Annahme eines erdigen Gefüges und Aufnahme von Wasser das Tonerdeselikat, wofür endgültig die Formel $Al_2O_3SiO_2+2HO$ (d. h. auf 1 Mol. Tonerde 1 Mol. Kieselsäure und 2 Mol. Wasser) anzunehmen ist, welches freilich nie vollkommen frei von den genannten Beimengungen ist. In der Regel findet sich ein größerer oder geringerer Teil ungebundener Kieselsäure, wobei je nach dem Grade der fortgeschrittenen Zersetzung ein ungleich reineres Produkt, der eigentliche Ton erhalten wird, welches im reinsten Zustande als chemischer Tontypus gilt.

Kommt zu dem mechanischen Zerreiben oder den physikalischen Kräften überhaupt der chemische Zersetzungsprozeß [1]), welche beiden Wirkungen wohl meist zusammen stattfinden, so wird der Feldspat am weitesten und der Glimmer in geringerem Grade zersetzt werden, und wird der Quarz sich wohl zum größten Teil als fühlbare Sandkörnchen in dem entstehenden nassen Schutt konservieren, den wir nun als Ton ansprechen dürfen. Selbstverständlich sind die Eigenschaften des Produktes sehr verschieden, je nachdem eine der genannten Wirkungen vorherrschend erscheint und dasselbe reich an bindungsfähigem Ton ist oder andererseits, wenn auch noch so fein zerstäubte Mineralteile enthält. Hierzu kommt, daß sich aus der unvollkommenen Zersetzung des Feldspats und seiner Verwandlung zu Ton noch verschiedenartige Zwischenprodukte (schwerlösliche Silikate) bilden, wie sie von Kosmann nachgewiesen worden sind (Tonind. Ztg. 1887, No. 7).

Dem Granite gegenüber ist der Zerstörungsweg des Tonschiefers anders. Statt mit verschiedenen Gemengteilen haben wir es hier vorzugsweise mit dem wechselnden tonigen Teil im Schiefer zu tun. Um sie auf das Feinste zu zerreiben hat bei den meisten Schieferarten das Wasser nur leichtes Spiel. Eine solche Bildungsweise an Ort und Stelle aus dem Grauwackenschiefer findet sich beschrieben von Giese „Die Entstehung der Tonlager des hohen Venns der Eifel" (Töpf. Ztg. 1889, No. 6). Augenscheinliche Übergänge des Kaolins in das unverwitterte Gestein finden sich unten bei den Kaolinen bez. Kaolinisierung beschrieben.

Interessant sind die eingehenden Versuche von Daubrée, wodurch die bereits mit der mechanischen Einwirkung auf den Feldspat verknüpfte chemische Zersetzung ermittelt wurde. Der Feldspat oder die Feldspatgesteine bilden bei ihrer Abreibung in Wasser nicht nur Geschiebe, Schlamm und Sand, sondern das Wasser nimmt eine gewisse Menge von Alkalien auf. 3 kg Feldspat hatten nach einer Bewegung von 192 Stunden, die einem Wege von 460 km entspricht, in einer Eisentrommel eine Menge von 2,72 kg Schlamm gebildet und die 5 l Wasser, welche bei der Zerreibung mitwirkten, enthielten nicht weniger als 12,60 g Kali, oder jedes Liter 2,52. Die Analyse ergab: 2,52 Kali, 0,03 Tonerde und 00,2 Kieselsäure. Bemerkenswert ist, daß eine gewisse Menge Tonerde dem Kali gefolgt ist, was beiläufig bemerkt, eine Bildung von Tonerdehydrat erklärt.

Wird der Feldspat trocken zerrieben, so gibt dessen feinster Staub an Wasser nur eine kaum merkliche alkalische Reaktion ab. Bei Anwendung von Salzwasser wurde nur eine sehr schwache alkalische Reaktion erhalten, bei An-

1) Nach Fr. Mohr entsteht Ton einzig und allein durch die Einwirkung der Kohlensäure auf die Silikate. Über eine direkte Entstehung von Ton, welche außer der Zerkleinerung des Gesteins mit einer weitgehenden Umänderung verknüpft ist, vergl. m. Olschewsky Töpfer- und Z.-Ztg. 1881, No. 37 und 38.



wesenheit von Kohlensäure war sie schwächer, während Kalkwasser oder noch mehr ein vorheriges Abschrecken des stark erhitzten Feldspats, das Austreten des Kali begünstigte. (Notizblatt 1880, S. 209).

Die Verwitterung des Feldspats [1]) und deren Veranschaulichung mit Hilfe der bekannten Formeln vermag die vor sich gehenden oder denselben ähnliche Prozesse recht gut zu verdeutlichen, wenn auch die Verwitterungsprozesse für die gemeinen Tone und die späteren Verwitterungsakte in den Tonen selbst der wissenschaftlichen Aufklärung noch sehr entbehren. [2]) Es gehört hierher, wie unter Anderem aus dem trocknen, kurzen Rohton sich das plastische, zur Fabrikation taugliche Material entwickelt.

Definierung der Bildungsweise mittelst chemischer Formeln. — Der Feldspat ist ein Doppelsilikat (Aluminiumkalisilikat) von der Formel $Al_4Si_9O_{24}+K_4Si_3O_8$, worin ein geringerer Teil der Tonerde durch Eisenoxyd, das Kali teilweise oder ganz durch Natron, auch zum Teil durch Kalk vertreten sein kann. Nimmt man die Tonerde konstant an, so erklärt sich die Kaolinisierung des Feldspats, nur unter Mitwirkung von Wasser, durch folgende chemische Gleichungen.

Die chemische Formel des Feldspatmoleküls ist: $K_2Al_2Si_6O_{16}$, kommen hierzu 2 Moleküle Wasser, so entsteht nach Biedermann $K_2Al_2Si_6O_{16}+2H_2O = H_4Al_2Si_2O_9+K_2Si_4O_9$. Das saure Kaliumsilikat ($K_2Si_4O_9$) zersetzt sich weiter in der Weise, daß sich normales Kaliumsilikat bildet und Kieselsäure sich abscheidet $K_2SiO_3+3SiO_2$. Dieses Kaliumsilikat (K_2SiO_3) ist leicht löslich in Wasser. Seine Lösung vermag noch mehr Kohlensäure aufzunehmen und so kommt es, daß von den drei Molekülen Kieselsäure bisweilen nichts oder fast nichts bei dem Kaolin bleibt. Wir haben dann den sogenannten normalen Kaolin; während andererseits Verbindungen vorkommen, in denen die aus dem Kaliumsilikat abgeschiedene Kieselsäure noch mehr oder weniger enthalten ist.

Nach Zinken findet in den Torfmooren der Jetztzeit die Bildung (Abscheiden) des Tones durch Süßwassermollusken und Infusorien, sowie durch Konferven statt, welche sofort wieder verschwinden, wenn die Torfbildung beginnt. Überhaupt haben wohl kleinste Organismen mittelst ihres Lebensprozesses eine Rolle bei der Verwitterung der Gesteine gespielt, indem dieselben Nährsalze wie Kalk, Kali, Kieselerde aussaugten, sich in die feinsten Teilchen bohrten und das Ganze zersetzten (cf. die oben erwähnten Untersuchungen von Winogradsky).

Was eine Reinigung des Tones von namentlich kohlensaurem Kalk und kohlensaurem Eisenoxydul angeht, so wirken nach Senft die Humussäuren wie die bei der Verwesung von Vegetabilien entstehenden Pflanzensäuren auslaugend ein.

Soweit die seitherigen Anschauungen über Kaolinbildung durch Verwitterung, die absolut nicht mehr aufrecht erhalten werden können. Vergegenwärtigen wir uns doch einmal die Vorgänge bei der Verwitterung, also die Wirkungen des Wassers, der Winde, die Insolation durch die Sonne, den Frost usw. machen sich geltend. Es kommt zu einem Zerfall des Gesteines, zur Absonderung von größeren Klötzen, bei fortgesetzter Verwitterung zur Bildung von wollsackartigen Blöcken und endet schließlich mit dem völligen

---

1) Derselbe erleidet bei vollständiger Umwandlung in Ton einen Gewichtsverlust von 50 Proz. oder 33 Proc. an Volumen, womit eine Lockerung des Gefüges notwendig verbunden ist. cf. Seger l. c.

2) cf. Bischof sen. Chem. Geologie; Kaul, Inaug.-Dissert.

Zerfall zu einem lockeren Grus. Dabei findet allerdings auch eine chemische Veränderung und Bildung von neuen Verbindungen statt, der feinste Detritus endlich tritt uns in Form von Schluff, in Lehm usw. entgegen, niemals aber findet eine Bildung von Kaolin oder von echten Tonen auf solche Weise statt, wie das Mikroskop hier deutlich zu erkennen gibt.

Die Kaolinisierung muß also auf eine andere Ursache zurückzuführen sein:

Schon Leopold v. Buch[1]) und Hauy[2]) hatten gestützt auf die Kaolinvorkommen der Zinnerzformation in Cornwall und das Auftreten von Flußspat in den Halleschen Kaolinen an pneumatolytische Vorgänge als Ursache der Kaolinisierung gedacht. 1837 hatte dann Forchhammer das Kaolinvorkommen von Bornholm und die skandinavischen dadurch zu erklären gesucht, daß auf Spalten von unten aufsteigende heiße Lösungen und überhitzte Dämpfe die Veranlassung zur Kaolinisierung gebildet haben möchten. Später aber zeigte Daubrée[3]), daß weder Kohlensäure noch überhitzte Dämpfe, sondern allein andere stärkere Säuren eine Kaolinisierung hervorbringen könnten. Immer aber handelte es sich auch hier um Lösungen, die auf Spalten und Klüften zirkulieren konnten.

Für die Karlsbader Kaolinvorkommen nahm Kasai an, daß bei dem Durchbruch der Basalte das Wasser, unter dem die Granite lagen, stark erhitzt wurde und im Verein mit den chemischen Agentien im Gefolge der Basalte das Granitgestein zersetzte. Diese Ansicht Kasais, wie auch die ihr verwandte von Rosinal[4]), der einen Zusammenhang der Kaolinvorkommen um Karlsbad mit der Karlsbader Thermalspalte vermutet, konnte weder von Rosinal noch von Kasai streng bewiesen werden. Dr. Kaul dagegen glaubte, zuerst noch ohne Kenntnis der Kasaischen Arbeit, daß im Gefolge der Basalte auftretende heiße, kohlensäurehaltige Wässer, die auf tiefer gehenden Spalten im Granit zirkulierten, und Exhalationen die Veranlassung zur Kaolinisierung gebildet haben mochten. — Diese Möglichkeit erschien auf Grund der böhmischen Lokalverhältnisse, noch mehr auf Grund der oberfränkisch-oberpfälzischen sehr naheliegend, ein exakter Beweis konnte jedoch nicht erbracht werden; — außerdem mußte diese Erklärung bei allen anderen Vorkommen, bei denen keine Basalte oder ähnliche Durchbrüche in der Nähe nachzuweisen waren, versagen, so vor allem für die Gebiete von Halle, Mügeln, Meißen, Bornholm, Cornwall, Limousin etc. De Launay[5]) sprach sich deutlich nicht für rezente Thermen, sondern für postvulkanische, im Gefolge der Graniteruptionen selbst auftretende pneumatolytische Prozesse als Ursachen der Kaolinbildung aus. Waren alle diese Erklärungsversuche noch sehr angreifbar und nicht allgemein nachgewiesen, so gelang es dagegen Rösler in seiner mustergiltigen Arbeit: „Beiträge zur Kenntnis einiger Kaolinlagerstätten" in elegantester Weise die Frage nach der Ursache der Kaolinbildung verallgemeinert an zahlreichen Vorkommen zu lösen. Erst seit dieser Arbeit steht die Entstehungsweise der Kaoline auf dem Boden moderner wissenschaftlicher Behandlung und wir stehen nicht an zu sagen, daß jetzt erst eine breite Basis für weitere Beobachtungen dieser Art gegeben ist.

1) Beschreibung des Harzes 1824.
2) Traité de Mineralogue 1801.
3) Experimentalgeologie 1878.
4) Über die Thermen von Karlsbad. k. k. Reichsanstalt Wien 1893.
5) Note sur les gisements de Kaolin de la forêt des Colletes (Allier). Bull. soc. géol. France 1888. 16.

Rösler wieß nach, daß auch die weitgehendste Verwitterung niemals zur Kaolinbildung führt, er zeigte dabei als besonders charakteristisch, daß die Feldspateinsprenglinge in den Graniten noch sehr lange völlig frisch bleiben, während die Grundmasse viel früher der Zerstörung durch Zerfall anheimfällt; anders bei der Kaolinisierung, bei der keinerlei mechanischer Zerfall vorher erfolgt ist. Vielmehr erfolgt die Kaolinisierung im festen Gestein und zwar werden zuerst die Einsprenglinge, zuletzt die Grundmasse ergriffen, die Struktur bleibt völlig erhalten. So zeigt Rösler an einer Reihe von Beispielen, wo sich Kaolinvorkommen in der Nachbarschaft von stark verwitterten Graniten finden. Diese völlig verschiedenen Endresultate — Verwitterung und Kaolinisierung — beweisen, daß Verwitterung niemals auch nur irgendwie mit Kaolinisierung verwandt sei, daß sogar halbkaolinisierte Granite durch Verwitterung niemals weiter kaolinisiert worden.

Von größter Wichtigkeit ist die Beobachtung, daß die Kaolinbildung nach der Tiefe nicht nur nicht geringer wird, sondern unverändert sich fortsetzte, eine Tatsache, die wiederum gegen jede Bildung durch normale Verwitterung spricht. — Der Grad der Kaolinisierung nimmt nach der Tiefe nicht ab, nur die geringere Feuchtigkeit und der Druck lassen die tieferen Schichten bei oberflächlicher Beobachtung härter, d. h. anscheinend weniger intensiv kaolinisiert erscheinen. Rösler gelang es dann weiter, zu zeigen, daß im Kaolin Neubildungen sich fanden, die im benachbarten Muttergestein fehlen oder in anders erhaltenem Zustand vorhanden sind und umgekehrt, so Muskowit, Hussakit, Eisenerze, Monazit, Titanit, Apatit. — Das wichtigste Ergebnis endlich bestand darin, daß eine ganze Anzahl von Mineralneubildungen und akzessorischen Bestandteilen mit typisch pneumatolytischer Bildungsweise im Kaolin, vor allem Turmalin, Flußspat und Topas sich fanden und daß andere Mineralbildungen, wie Eisenspat, Schwefelkies, Graphit, Zinnerz, Türkis, Bleiglanz und andere Erze gleichfalls darauf hinweisen.

Rösler zeigte endlich, daß zwar eine Kaolinisierung durch Thermalwasser auch heute noch erfolgt, daß diese Kaolinisierung aber so schwach ist, daß man viel heftiger wirkende Thermen und Gasexhalationen als die heute noch vorhandenen für die eigentliche Kaolinbildung annehmen muß, sie wird also wohl in eine Zeit stärkerer vulkanischer Tätigkeit fallen, d. h. wahrscheinlich in die Zeit bald nach der Eruption der Granite bezw. Quarzporphyre usw. selbst, so daß also postvulkanische, pneumatolytische und pneumatohydatogene Prozesse die Kaolinisierung herbeigeführt haben.

Darf somit die Frage nach der Entstehung der Kaolins durch die Röslerschen Forschungen als gelöst gelten, so interessiert uns für die speziellen Zwecke dieses Buches vor allem die Frage, in welchem Zusammenhang stehen die feuerfesten Tone mit den Kaolinen, wie ist ihre Entstehung zu deuten und welche Grenze ist zwischen beiden zu ziehen.

Während man früher annahm, Kaoline sind das primäre Produkt, Tone das sekundäre, so kann bei eingehender Betrachtung der Vorkommen beider, in dieser Form wenigstens, der Satz nicht ausgesprochen werden. Es finden sich nämlich auch Kaoline an sekundärer Lagerstätte, als sogenannte Kaolinsandsteine und Kaolintone, die noch unzweideutig als Kaolin angesprochen werden müssen. Hier handelt es sich aber nur um nachweislich kurze Transportstrecken von der ursprünglichen Lagerstätte mit geringer Beeinflussung chemischer Einwirkungen während des Transportes. — Bei längerem Transport geht der Kaolinton in den „gleichfalls vorwiegend aus Kaolinit bestehenden

feuerfesten echten Ton über, von dem er nicht scharf getrennt werden kann, wie Rösler an den Aufschlüssen der Wildsteiner Gruben vorzüglich beobachten konnte.

Wenn also, wie gesagt, die Kaoline bei längerem Transport in Ton übergehen, so ist der Ausspruch „Kaolin ist das an primärer Lagerstätte ruhende Produkt" doch nur bis zu einem gewissen Grade richtig. Allerdings werden nicht alle feuerfesten Tone direkt aus den Kaolinlagerstätten herrühren. — Dies gilt von den Tonen der Steinkohlenformation, des Rhäts und der Kreide, und für eine große Reihe von feuerfesten Tonen aus dem Tertiär ist die Art der Ursprungsgesteine nicht mehr festzustellen. Für die Tone aus dem Rhät Bayerns hat Kaul gezeigt, daß sie aus gewöhnlichen Lehmen entstanden sein dürften, die infolge der Gegenwart von pflanzlichen Resten, einen Auslaugungsprozeß durchgemacht haben, welcher alle in Säuren löslichen Teile entfernt hatte. — Inwieweit aber andererseits unsere gewöhnlichen eisenoxydhaltigen Letten und Lehme mit ehemaligen Kaolinen zusammenhängen, das ist unmöglich zu sagen. — Noch möchte ich hinzufügen, daß der größte Teil der feuerfesten Tone der böhmischen und mährischen Kreideformation nachweislich umgelagerte Kaoline sind. Endlich möchte sich der Mitverfasser nach neueren Anschauungen, die er gewonnen hat auf Grund geologischer Beobachtungen, die Tone der Rhätformation aus Lateritartigen Lehmen entstanden denken, davon ausgehend, daß die wahrscheinlichen Lieferanten für die Tone des obersten Keupers, also der mittlere Keuper, zum Teil Wüstenbildungen mit Lateritartigen Lehmen angehören. — Laterit: Dieses Produkt repräsentiert eine viel weitergehende Verwitterung als die Kaolinisierung, erstreckt sich aber nicht tiefer als etwa 10 m. — Diese Art von Verwitterung entzieht alle Alkalien und alkalischen Erden, sowie die Kieselsäure den Silikaten und führt zur Bildung von Eisen- und Tonerdehydroxyden (Bauxiten), Bedingung ist Wüstenklima mit feuchtwarmer tropischer Küstenluft.

Chemischer Unterschied zwischen Kaolin und „echtem" Ton.

Eine derartige strenge Scheidung nach der chemischen Beschaffenheit der Tone bezw. Kaoline ist nicht durchführbar. Immerhin ist es auffallend, daß fast alle echten Tone gegenüber den Kaolinen einen größeren Gehalt an Alkali und Eisenoxyd, aber einen geringerem an Wasser aufweisen. Zudem ist es eigentümlich, daß der größere Teil dieses Alkaligehaltes durch Salzsäure, noch mehr durch Schwefelsäure unter Zersetzung von Silikaten gelöst wird. Diese Unterschiede auf Fremdkörper, d. h. Mineralreste und Mineralbeimengungen zurückzuführen hat die gleichen Schwierigkeiten, wie die frühere Annahme des jetzigen Mitverfassers, daß es sich um Neubildung von Mineralien, wie Glaukoniten, Zeolithen, Muskowiten usw. handeln würde.[1]) Gewiß befinden sich zahlreiche Mineralien als akzessorische Bestandteile unter den Tonen, wie Kaolinen, aber diese sind bei beiden die gleichen und würden schließlich nicht genügen, die größere Menge von zersetzbarem Alkalisilikat durch Schwefelsäure zu erklären.

Ob die den Tonen eigentümliche größere Plastizität mit diesem geringen Gehaltsunterschied an Alkali und Eisenoxyd zusammenhängt, ist gleichfalls nicht bewiesen worden. Dagegen scheint der Beimengung organischer Substanzen eine größere Bedeutung zugeschrieben werden zu müssen für die Er-

1) Kaul, Kaolin u. Ton, Tonind.-Ztg. 1901. No. 68 p. 1115 u. 92. 1561.

klärung der größeren Plastizität der echten Tone als andere Autoren, auch Rösler, annehmen wollen. — Erstlich ist es eine unbestrittene Tatsache, daß die Porzellanmasse bei der Lagerung, beim sog. „Faulen"[1]) sich dunkler, grau färbt, faulig riecht, besonders bei Gegenwart moorigen Wassers, zuweilen nimmt man sogar Jauche. Hier handelt es sich zweifelsohne um Zersetzungsvorgänge organischer Körper und dürfte gewiß nicht unberechtigt sein, auch ohne eingehendere Untersuchung, die Endprodukte solcher Zersetzungen schon jetzt als den Humussäuren nahestehend zu betrachten. Tatsächlich löst sich auch ein Teil der organischen Substanz in Natronlauge und wird durch Säure daraus wieder gefällt. Andererseits ist es eine bekannte Tatsache, daß ein schwaches Ansäuern mit Essigsäure die Massen plastischer macht (siehe auch Anm. 2).

Plastizität und Schwinden der Tone.

Die Plastizität ist eine den Tonen in sehr verschiedenem Grade zukommende Eigenschaft, die durch mechanische Aufnahme von Wasser[2]) oder andere Flüssigkeiten bedingt, durch andere feste fremdartige Beimengungen beeinträchtigt wird und mit dem Verluste des Konstitutionswassers durch Glühen vollständig verloren geht. Nach Biedermann behalten die Tone die Fähigkeit plastisch zu werden bis zu einer Temperatur von 415° (schmelzendes Zink); bei eben beginnender Rotglut nimmt diese Fähigkeit immer mehr ab, sowie auch die Aufschlämmbarkeit mit dem Austreiben oder Verlust des chemisch gebundenen Wassers.

Wie die Plastizität eine ebenso nützliche als unentbehrliche Eigenschaft der Tone ist; so ist sie auch zugleich die charakteristischste und spielt gewissermaßen dieselbe Rolle wie bei den Metallen die Hämmerbarkeit, oder beim Glase die Erweichbarkeit im Feuer.

So überaus schätzenswert die Plastizität als ein Bedingnis zum Formen, besonders bei komplizierten Gegenständen ist, so liegen in ihr anderseits große Schwierigkeiten und Übelstände, die überwunden werden müssen. Eine zu plastische Masse trocknet schwierig und ungleichmäßig. Die daraus angefertigten Gegenstände verändern beim Trocknen leicht ihre Form, verziehen sich und reißen. Diese Nachteile treten beim Brennen noch mehr hervor.

Hinsichtlich der Plastizität der Tone ist zu unterscheiden zwischen dem Kohäsions- und Adhäsionsvermögen oder der anziehenden Kraft der Moleküle unter einander und der Flächenanziehung zu anderen Körpern. Es gibt Tone, welche man bei großer Plastizität, ähnlich dem Brotteige, in den Händen

1) M. s. weiter unten.

2) Versetzt man einen Ton statt mit Wasser mit Glyzerin oder einer Mischung von 1 Teil Glyzerin und 3 Teilen Wasser, so wird er ebenfalls bildsam, trocknet aber nicht an der Luft und behält seine Plastziität. Auch läßt sich die Bildsamkeit künstlich befördern durch Zuckerlösung oder Syrup wie auch durch Gummi arabicum, wodurch ein damit versetzter feuchter Ton beim Trocknen dichter und härter wird usw.

Nach bemerkenswerten Versuchen in dem Laboratorium der Tonind.-Ztg. (s. das. 1903, No. 118) übt die feuchte Lagerung eines Kaolins einen sehr erheblichen Einfluß auf das mit der Plastizität in Verbindung stehende Bindevermögen desselben aus. Eine weitere Steigerung des Bindevermögens bringt ein Zusatz von Gerbsäure hervor und noch mehr ein solcher von Stärke.



kneten kann, ohne ein erhebliches Anhaften oder Kleben zu bemerken, während andere, weniger reine, mehr schmierig beim Durchkneten die Hände in lästiger Weise beschmutzen. Bei ersteren ist die Anziehung der Massenteilchen unter sich größer, bei den letzteren wird dieselbe durch die Flächenanziehung bekämpft.

Die Plastizität der Tone ist unstreitig dem wasserhaltigen Tonerdesilikat im Tone beizumessen. Die Tonerdemenge allein ist nicht maßgebend, da es sehr tonerdereiche Tone gibt, die aber wenig plastisch sind.

Führen wir zunächst die in der Literatur zerstreuten Ansichten über den Träger der Plastizität an, dessen Erforschung schon öfter das Ziel verschiedener Keramiker gewesen.

Aron hat in seiner oben besprochenen bekannten Arbeit über Plastizität und Schwindung deren Ursache mit der Kugelgestalt der kleinsten Teilchen des Tones zu erklären gesucht. Diese Kügelchen sind von Biedermann und Herzfeld, sowie auch anderen bei einer Anzahl mikroskopisch untersuchter Tone nicht wieder gefunden worden, hingegen aber gut begrenzte kristallinische Formen, teils hexagonale, teils rhombische Blättchen, während andere Forscher stark abweichende Krystallformen beobachteten. Hussak (Sprechs. 1889, No. 8), der (s. oben) eine Reihe von Kaolinen wie einen plastischen Ton mikroskopisch untersuchte, fand, daß bei sämtlichen geschlämmten Tonen eine regelmäßig begrenzte Form der kleinsten Teile vorhanden ist, die bald mehr, bald weniger gebrochen erscheinen, je nach dem Wege, den die Tone bis zu ihrer gegenwärtigen Lagerstätte zurückgelegt haben.

Nicht unwahrscheinlich hält Biedermann die Menge dieser Kristalle dem Grade der Plastiz tät proportional. Biedermann sieht daher (Notizblatt 14, S. 264) die Plastizität als Variationen in der Kohäsions- und Adhäsionskraft an und bringt sie unter Newtons Gesetz, wonach die Anziehungen zweier Körper in geradem Verhältnis zur Masse und im umgekehrten quadratischen der Entfernung zu einander stehen. Die verschiedenen physikalischen Eigenschaften beruhen auf Verschiedenheit in der Anziehungskraft der Moleküle gemäß den Entfernungen, in welchen sie sich von einander befinden. Dieser allgemeinen Erklärungsweise ist entgegenzusetzen, daß das Newtonsche Attraktionsgesetz nur für große Entfernungen gilt und dasselbe für kleine Fntfernungen keine Gültigkeit hat.

Seger erklärt sich die verschiedene Plastizität der Tone aus einer molekularen Verschiedenheit der kleinsten Teile der sogenannten Tonsubstanz, welcher Anschauung sich auch Schumacher anschließt. Olschewsky sieht die Plastizität lediglich als Folge einer porigen, schwammartigen Beschaffenheit (Bildung eines Kapillarröhrensystems) der sogenannten Tonsubstanz an und unterstützt diese Anschauung durch die bekannten und bereits oben angeführten Versuche von Daubrée. Dieser fand, daß der Schlamm eines mit Wasser in einer Trommel zerriebenen Feldspatpulvers eine geringe Plastizität besitzt, während bei einem auf trockenem Wege hergestellten Feldspatpulver sich eine Plastizität nicht einstellt. Das Wasser wirkt also mit, wenn auch als gelindes chemisches Agens. Das Wasser zeigt dabei einen Alkaligehalt, der bei dem trocknen Feldspatpulver kaum nachzuweisen ist, oder es findet eine Auslaugung statt, wodurch Hohlräume, die Poren und der schwammartige Zustand sich bilden.

Le Chatelier sucht die Ursache außer dem Ton in anderen Substanzen. Schlössing hielt die kolloidale Tonsubstanz für die Ursache der Plastizität.

Orten [1]) hat die Theorien zusammengestellt, welche die Plastizität im Kaolinit suchen, in dem Konstitutionswasser oder der vollkommenen Spaltbarkeit der Kaolinschüppchen oder der schlüpfrigen Oberflächenbeschaffenheit — alles unhaltbare Ansichten, wovon keine für sich allein die Ursache der Plastizität ist. Diese setzt sich gewiß aus vielerlei Ursachen zusammen.

Nach Rösler kommen für die Plastizität in Betracht: Die Beweglichkeit der kleinsten Teile ihre Adhäsion, das Vorhandensein eines flüssigen Zwischenmittels, die Oberflächenbeschaffenheit, Biegsamkeit und Größe der Teilchen und deren Eigengewicht; — für die Form der Teilchen ist hinsichtlich des leichten Gleitens und der Adhäsion die dünntafelige Ausbildung am besten, die Umrisse der Täfelchen sollen abgerundet, die Oberfläche glatt sein, wie dies bei Spaltplättchen zutrifft, endlich müssen die Teilchen biegsam sein — alles Anforderungen, denen die Kaolinteilchen genügen. Daraus erklärt sich andererseits auch die größere Plastizität der lang und weit transportierten Tone und Kaoline auf sekundärer Lagerstätte gegenüber den Kaolinen primärer Lagerung mit noch weniger gerundeten Teilchen und der Unterschied im flüssigen Zwischenmittel, den Humussäuren und anderen organischen Bestandteilen bei Tonen gegenüber dem einfach wässerigen bei Kaolinen in situ.

Nach Seger versteht man unter Plastizität die Eigentümlichkeit fester Körper in ihren Poren eine Flüssigkeit aufzunehmen, dann diese Flüssigkeit vollständig zurückzuhalten und damit eine Masse zu bilden, der durch Kneten und Drücken jede beliebige Form gegeben werden kann, und schließlich nach dem Aufhören des Druckes die eingenommene Form völlig zu erhalten und nach der Entfernung der Flüssigkeit dieselbe auch als feste Körper unverändert zu bewahren. Als Folge der Hydratisation kann nach Dr. Rohland die Plastizität nicht aufgefaßt werden. (Tonind.-Ztg. 1902, No. 62.)

Hier ist noch zu erwähnen die schon öfter aufgestellte Behauptung, daß die Plastizität des Tones auf die Tätigkeit von Bakterien zurückzuführen sei. Diese Annahme ist in neuerer Zeit wiederholt, doch ohne Erfolg, besprochen worden. Hecht und Kosmann haben dagegen eingewandt, daß bis jetzt dafür nicht irgendwelche Beweise vorliegen, und spricht auch die Erfahrung nicht dafür, die außer den sogen. fetten Tonen, welche eben plastisch sind, es nie gelungen ist, z. B. aus dem Kaolin plastischen Ton herzustellen. (Tonind.-Ztg. 1903, No. 50).

Endlich ist Zschokkes auf Grund umsichtiger mikroskopischer und sonstiger eingehendster Untersuchungen gebrachte Abhandlung über das Wesen der Plastizität zu erwähnen. Zschokke erkannte hinsichtlich der kleinsten Tonteilchen, daß dieselben abgerundet wie hin und hergerollte Kiesel, oder eckig, gleich Feldspatsplittern sind.

Weiterhin ergeben sich dann folgende aufgestellte Sätze: „Die Ursachen der Plastizität der Tone stehen in innigem Zusammenhang mit der gegenseitigen, sehr innigen Anziehung zwischen diesem und dem Sickerwasser. Die sehr beträchtliche Saugkraft der Tone rührt einesteils von den ganz außerordentlich kleinen Abmessungen der Tonkörnchen her, andererseits von einer chemischen oder physikalischen Verwandtschaft des tonhaltigen Stoffes mit dem Wasser“. Versuche über die Zerreibung der Tone haben Bourry zu gleichem Schluß geführt, wobei sich derselbe eines sinnreichen Zerreibungsapparates bediente, in welchem sich die Geschwindigkeit des Wasserlaufs im

1) Die Plastizität des Tones. Keram. Rundschau 1901. 9. 426 u. 446.



weitesten Umfang regeln ließ. Noch ist zu bemerken, daß die Feinheit der Tonteilchen nicht die einzige Ursache der Plastizität der Tone ist; denn zerreibt man andere Mineralien selbst auf das allerfeinste, so lassen sie sich wohl formen, besitzen aber beim Trocknen keine Kohäsion. Demnach wäre, wie Zschokke hinzufügt, die Ursache der Plastizität in der chemischen oder physikalischen Verwandtschaft des tonhaltigen Stoffes mit dem Wasser zu suchen. (Tonind.-Ztg. 1903, No. 57). Endlich ist noch die Arbeit Dr. Körners, Sprechsal 1903 über Plastizität zu erwähnen, die ohne ein definitives Resultat zu bringen, doch beachtenswerte Beobachtungen ergab. (Während der Drucklegung erschienen).

Gehen wir auf die Äußerungsweise der Erscheinung der Plastizität zurück, so bietet, wenn man von ähnlichen Massen, wie z. B. bis zu einem gewissen Grade angefeuchtetes Mehl absieht, in einigen Punkten das künstlich hergestellte Tonerdehydrat; wie das Kieselsäurehydrat analoge Erscheinungen[1]) dar, welche jenen Zustand anzunehmen vermögen, der als gallertartiger oder gelatinöser bekannt ist und womit diese Verbindungen die Fähigkeit erlangen, eine sehr große Menge Wasser aufzunehmen, außerordentlich aufzuquellen und damit sandige oder erdige Pulver in reichlichster Menge einzuhüllen oder zu binden.[2]) Plastizität und Bindevermögen stehen daher in einem bestimmten Zusammenhange. Entfernt man dieses Wasser durch Trocknen, so schrumpft die früher kleisterartige Masse zusammen. Es tritt das besonders zu besprechende Schwinden ein. So verschieden groß die Plastizität und Schwindung der Tone, so verschieden ist auch deren Wasseraufnahmefähigkeit.

Je nachdem diese drei zusammengehörigen Eigenschaften: Plastizität, Schwinden und Wasseraufnahme vereint in höherem oder geringerem Grade bei einem Tone auftreten, unterscheidet man in der Praxis kurz zwischen „fetten" und „mageren" Tonen. Als fett werden bezeichnet die bildsamsten oder die in sehr hohem Grade bindenden Tone, welche das Mehrfache ihres Gewichtes an Magerungsmitteln vertragen und doch noch eine gewisse Plastizität aufweisen. Dieselben zeigen in ihrem äußeren Ansehen, wie teils schon gesagt, meist gegeglättete, glänzende Ablösungen oder Eindrücke, schneiden sich mit fettig glänzender, seifiger Schnittfläche, sind getrocknet recht hart und brennen sich sehr fest und dicht. Mit Wasser angemacht sind sie schlüpfrig, stark aufquellend, streck- und walzbar mit sehniger Struktur. Die Zerreißungsfestigkeit eines solchen lufttrocknen Tones kann bis zu 20 kg und höher per Quadratmeter betragen. Sie lassen sich ausziehen ohne sofort abzureißen und biegen ohne zu bersten; ja in einem gewissen Zustande der Steifigkeit kann man sie, wie schon besprochen, wie ein Metall austreiben und auswalzen. Dieselben vermögen bekanntermaßen reichlich Wasser aufzunehmen sowie eine große Menge von Magerungsmittel, z. B. Sand zu binden. Die fetten Tone werden, was hinzuzufügen ist, mit einer bestimmten Wasseraufnahme steif, welchen Zustand man in der Praxis mit Wassersteife bezeichnet und worüber hinaus sie weiter hinzugetanes Wasser nur schwierig aufnehmen. Diese Steifigkeit tritt nicht sofort beim Zugießen des Wassers zu dem Tonpulver ein, sondern erst nachdem man es damit wiederholt durchknetet. In den ersten Momenten bildet die Masse einen weichen Brei, der aber bei der Aufnahme und sicht-

---

1) Olschewsky, die Entstehungsweise des Tones im Zusammenhang mit der Plastizität desselben.

2) Vergl. des Verf. Versuche über das Schwinden der Tonerde. Töpfer- u. Ziegler-Ztg. 1898, S. 112, sowie ferner Kap. II.



lichem Verschwinden des Wassers immer steifer und zäher wird. In diesem wassersteifen und für Wasser undurchdringlichen Zustande werden alle fetten Tone gewöhnlich in den Tonlagern angetroffen. Hierauf beruht die große Wasserdichtigkeit der Tonschichten. Sie besitzen das wiederholt besprochene Kohäsionsvermögen in hohem Maße. Der Vollständigkeit halber ist noch anzuführen, daß ein fetter Ton sich gewissermaßen polieren läßt und einen Glanz annimmt, welcher sich auch erhält wenn man den Ton einem geeigneten Feuer aussetzt [1]), welche Eigenschaft in der Tonindustrie benutzt wird.

Mit Bezug auf die oben angeführte schleimige Materie ist zu bemerken, daß die fettesten, bildsamsten [2]) oder bindendsten Tone alle dunkel gefärbt sind in Folge einer reicheren Beimengung an organischer Substanz, welcher somit ein Anteil an der Erhöhung des Bindevermögens zuzuschreiben sein dürfte (s. S. 20); indes gibt es auch fette weiße Tone, doch stehen sie den fettesten dunklen Tonen an Bindevermögen nach. Hingegen sind die mageren, wenig bildsamen Tone von mattem Aussehen, mürbe und bröckelig, angemacht sind sie krümelig und kurz. Sie nehmen Wasser sehr leicht auf, werden aber damit immer weicher und weicher, sowie schmierig. Die kapillare Wasserbewegung findet darin viel rascher statt. Ihr Adhäsionsvermögen ist ein größeres. Beim Antrocknen reißen sie leicht, während die fetten Tone sich verziehen.

Gegenüber dem magern Ton und namentlich einem auf primärer Lagerstätte sich befindenden Kaolin hat, wie gesagt, in genetischer Beziehung bei fetten Tonen durch die Bewegung des transportierenden Wassers nach Schumacher eine größere Zertrümmerung der kleinsten Tonteilchen stattgefunden, so daß sich als Endresultat ein Gemenge verschieden großer und nach einigen Forschern verschieden gestalteter Partikel, nach andern aber nur Schüppchen ohne eine regelmäßige Form ergeben. Hierzu kommt, daß gleichzeitig die unplastischen Bestandteile des fetten Tones, der Quarze, Feldspate und dergleichen Muttergesteinreste einen gleichen Zertrümmerungsprozeß mit durchgemacht haben und sich daher in höherm Maße hinsichtlich ihrer Form den Tonteilchen mehr oder minder ähnlich verhalten. Ferner erhielt sich für die Tonpartikelchen des fetten Tones in Folge ihrer wässerigen Ablagerung das Vermögen einer größern Beweglichkeit und damit trat unter dem Druck aufgelegter Schichten eine größere Massenverdichtung (größtmögliche Annäherung der Tonteilchen) nebst anzunehmender innigerer Verfilzung der Teile unter sich ein [3]).

Mit der Plastizität steht das Schwinden in engen Zusammenhang.

Das Schwinden des Tones. Das Schwinden oder schlechthin Schrumpfen, welches zu den ebenso charakteristischen als sehr wichtigen Eigenschaften der Tone gehört, ist eine physikalische Eigenschaft derselben, die aber bei Anwendung einer höhern Temperatur auf stofflichen Änderungen oder einer chemischen Ursache beruht, sei es in den meisten Fällen ein bewirkter Wasser- oder Glühverlust, oder welche auch eine Äußerung entstehender anderer Verbindungen und der Erweichung sein kann. Das Schwinden ist somit von verschiedenen Faktoren abhängig.

---

1) Dinglers Journal 106, 322.

2) Nach Definition von Fischer ist derjenige Körper als der bildsamste zu bezeichnen, dessen bleibende Formänderung den geringsten Kraftaufwand erfordert, und welcher die größte bleibende Formänderung zu ertragen vermag. Siehe ferner Hugo Fischer, Civilingenieur 1885, Heft 7.

3) Schumacher, Sprechsaal 1883, S. 298.



Beim Schwinden der Tone ist zu unterscheiden zwischen Luft- und Feuer- oder auch Brennschwindung, welche erstere sich beim Trocknen und letztere in meist bedeutenderem Grade beim Glühen einstellt. Sowohl beim Trocknen an der Luft als auch beim Brennen rücken die Tonteilchen einander näher, indem dieselben an die Stelle der einzelnen Wasserteilchen treten, und werden auch die begleitenden oder zugesetzten Gemengteile zugleich mit zusammengezogen. Dieses Zusammenziehen, je nachdem es eine mehr oder weniger kompakte und fette Masse zuwege bringt, ist für den Tonfabrikanten wie besonders den hochfeuerfester Erzeugnisse hinsichtlich zweckdienlicher Ausnutzung von größtem Interesse und Wert. Es erfolgt damit eine Vermehrung der Dichtigkeit, Sinterung und hohlraumfreies Gefüge und eine Verkleinerung der Oberfläche, der Kapazität, des Inhalts. Mit dem letzten Moment der Schwindung eines Tones tritt dessen größte Dichtigkeit ein und läßt sich beiläufig bemerkt das erste nachweisbare Aufblähen als ein fester und bestimmter Punkt für das Schmelzen der Tone aufstellen. Im allgemeinen schwindet beim Brennen eine Tonmasse mit lockerm Gefüge mehr als eine solche mit dichterem. Die Luft- und Feuerschwindung äußert sich bei verschiedenen Tonen in wesentlich verschiedener Weise. So zeigen z. B. die fetten, wasserhaltigen oder die das Wasser am meisten zurückhaltenden Tone, eine bedeutende Schwindung beim Trocknen oder in mäßigen Hitzgraden, während alsdann bei den magern Kaolinen dieselbe gering ist; dagegen bei höheren Hitzgraden schwinden die fetten Tone viel weniger, als dies bei den Kaolinen der Fall ist, oder auch mit andern Worten, die fetten Tone vollenden ihre Schwindung eher, als die Kaoline. Nach Schumacher tritt die Endschwindung dieser in der Weißglut des Porzellanofens ein, während bei den fetten Tonen dies schon im Steingutbisquitofen der Fall ist [1]). Als Besonderheit fand noch Seger, daß das Schwinden bei einem plastischen Ton auch bereits in niedrigerer Temperatur beginnt als bei dem Kaolin [2]). Je größer die Wasserhüllen der Teilchen einer Tonmasse sind, um so größer ist auch die Schwindung bei der Verdunstung, andererseits je mehr chemisch gebundenes Wasser ein Ton enthält, um so auffallend stärker schwindet er erst in höherer Temperatur.

Eigentümlich wirkt hinsichtlich des Schwindens wie beim Anmachen ein Kohlegehalt. Stark kohlehaltige Tone geben beim Anmachen einen sehr voluminösen Teich, erscheinen aber bei der Bearbeitung, auch wenn sie an sich fett sind, schlaff, sind schwer zu trocknen, formen und brennen sich rissig infolge des großen Glühverlustes und zeigen Neigung zum Zerspringen. Sie schwinden, nachdem sie völlig und wiederholt durchbrannt sind, ganz bedeutend. Ein völliges Wegbrennen der Kohle ist hier um so schwieriger, je weniger hochschwerschmelzbar ein Ton und je fetter er zugleich ist.

Schumacher betrachtet die beim Schwinden auftretenden Vorgänge als lediglich von molekularer Art. Ich führe seine Anschauungsweise an, wenn auch damit nur ein Bild, aber keine Erklärung gegeben wird. Das zwischen den Tonteilchen lagernde Wasser befindet sich in molekularer Berührung mit denselben in der Art jenes Vorgangs, den wir Adhäsion nennen, d. h. eine Schicht Wassermoleküle berührt unmittelbarer die Moleküle der Oberfläche

---

1) Sprechsaal 1878, S. 34.
2) Tonind.-Ztg. 1881, No. 3.

des Tonteichens, infolge dessen die einen die anderen anziehen, während die Moleküle des Wassers sich durch die Kohäsion anziehen. Geht ein Teil der Wassermoleküle in Gasform weg, so legen sich die andern näher zusammen und, da die bewegbaren Tonteilchen durch Adhäsion mit dem Wasser in Verbindung stehen, bewegen sich diese mit dem Wasser, rücken also auch mit einander zusammen und wenn dann schließlich die letzte Wasserhülle verdunstet, oder endlich durch größere Erhitzung ausgetrieben ist, haben sich die Tonteilchen derart einander genähert, daß sie in vielen Punkten miteinander in Berührung sind und sich adhäsiv anziehen (festhalten). Je mehr Berührungspunkte sie mit einander haben, um so fester ist der ausgetrocknete wie geglühte Ton. Die Näherung der Tonteilchen bei der Verdunstung des Wassers ist mithin eine passive Bewegung mit dem Wasser, von dem sie umgeben sind.

Die Schwindung der Tone, welche in einer Verminderung der Dimensionen nach allen Richtungen besteht und ein gewisses Maß namentlich hinsichtlich des erreichten Endpunktes bildet, wenn auch dessen einzelne Stufen von verschiedenen Umständen abhängig sind, wird allgemein nach Prozenten der ursprünglichen Ausdehnung gemessen oder derjenigen, welche die Tonmasse zu Anfang der Beobachtungszeit hatte, und zwar mißt man die lineare Schwindung, aus welcher sich die quadratische und kubische berechnen lassen. Für Tone von homogener Beschaffenheit ist nach den Ermittelungen von Aron für die Trockenschwindung ein gleichmäßiges Schwinden in allen Richtungen, d. h. in der Länge verhältnismäßig ebenso, wie in der Breite und Höhe, anzunehmen. Das Maß der Schwindung in einer Richtung ist die lineare Schwindung, die nach zwei Richtungen die quatratische und die nach drei oder die des ganzen Volumens die kubische. Da das Messen der quadratischen wie kubischen Schwindung der Tone oder Tongemische in der Praxis mit Schwierigkeiten verbunden ist, so mißt man nur die lineare Schwindung, aus der dann die quadratische und kubische Schwindung berechnet wird. Im allgemeinen wird die quadratische Schwindung als doppelt und die kubische als dreimal so groß, wie die lineare angenommen, doch ist dies nur annähernd richtig und verdanken wir Dueberg[1]) eine klare Auseinandersetzung über diesen Gegenstand nebst eingehender mathematischer und tabellarischer Darlegung, worauf hiermit verwiesen werden soll.

Wesen und Gesetze der Schwindung sind vornehmlich durch Aron[2]) bearbeitet worden.

Auch Aron weist die Schwindungsfähigkeit den wasserhaltigen Tonerdesilikaten im Tone zu, welche er durch Schlämmen in dem Apparat von Schöne sich so rein als möglich zu verschaffen suchte. Mit Brongniart zwischen Schwinden beim Trocknen (Trockenschwindung), welches nur physikalischer Natur, und dem im Ofenfeuer (Feuerschwindung) unterscheidend, beschränkte er vorerst seine Versuche auf die Beobachtung beim

1) H. Dueberg über lineare, quadratische und kubische Ausdehnung und Schwindung. Töpfer- u. Ziegler-Ztg. 1888, No. 22.

2) Dr. Julius Aron, Plastizität, Schwindung und andere Fundamentaleigenschaften des Tones bedingen die Form der Tonteilchen. Notizbl. IX, S. 167. Man sehe weiter Olschewsky, der Einfluß von Quarz und Schamotte in abweichenden Formgrößen auf den Ton in Hinsicht auf Schwindung und Porosität. Notizbl. 1874, S. 251.



Trocknen, indem die sogenannte Tonsubstanz gewogen wurde, nachdem sie soweit angetrocknet auf eine gewogene Glasplatte gelegt und mittels zweier parallelen Schnitte eine bestimmte Länge tunlichst scharf abgemessen worden. Hierauf fand das Austrocknen bei einer allmählich bis zu 130° C gesteigerten Temperatur statt, bis das Gewicht konstant blieb; während von Zeit zu Zeit Gewicht und die entsprechende Entfernung der abgemessenen Marken, resp. das Schwinden, bestimmt wurde. So ergab sich das stetige Resultat, daß nicht etwa die Schwindung immer geringer wurde bis zur erreichten völligen Trockenheit, sondern daß das Schwinden schon früher aufhört.

„Bis zu einem bestimmten Punkte entspricht die Schwindung genau dem Wasserverluste[1]), dann aber macht sie plötzlich Halt und zwar in dem Momente, wo die einzelnen Tonteilchen bei dem Vorrücken auf einander sich endlich gegenseitig berühren." Aron bezeichnet diesen Punkt als die „Schwindungsgrenze" und unterscheidet zwischen dem bis dahin entweichenden Wasser als „Schwindungswasser" und dem später entweichenden als „Porenwasser" und nennt die Summe beider das „Gesamtwasser". Die Summe des Schwindungs- und Porenwassers ist gleich dem Gewichte des Anmachewassers.

Dabei ermittelte Aron zugleich durch Berechnung, daß die „kubischen Schwindungen an einem Teig von Tonsubstanz gleich sind dem Volumen des verdunsteten Wassers" und ferner die für die Technik so sehr gewichtigen Gesetze: „die Schwindung erfolgt nach allen Dimensionen in gleichen Verhältnissen[2]) und das Porenverhältnis am trockenen Tone ist konstant, d. h. unabhängig von dem der ursprünglich im Teige enthaltenen Menge Wassers".

Für die Praxis ergiebt sich aus den Versuchstabellen Arons: Je fetter ein Ton, oder je mehr Wasser er aufzunehmnn vermag, und jemehr er dadurch an Volumen zunimmt, um so mehr schwindet er beim Trocknen; aber das Porenwaser nimmt damit nicht zu, resp. es bilden sich — was von Bedeutung — bei den fetteren keine größeren oder mehr Poren[3]).

Aus dem nahe gleich gefundenen Porenverhältnis bei mehreren chemisch wesentlich verschiedenen Tonen kam Aron zu dem Schluß, daß dem Tone in seinen kleinsten Teilen die oben besprochene regelmäßige, und zwar kugelförmige Gestalt, eigen sei.

Hinsichtlich einer Beeinflussung des Schwindens durch Zusätze fand Aron[4]) beim Versetzen geschlämmter Tonsubstanz mit abgeschlämmtem, sehr feinem Sande, einem stark glimmerhaltigen Staubsande:

„Bis zu einem bestimmten Punkte nimmt bei progressiver Magerung eines Tones die Schwindung zu, wenn man von demselben Gesamtwassergehalt des Teiges in Raumteilen ausgeht,

---

1) Nach Schumacher spielt, was aus allgemeinem Grunde auch anzunehmen, noch ein anderer Faktor mit, nämlich die Feinheit der Masseteilchen des Tones. Sprechsaal 1878. S. 23.

2) Selbstverständlich eine freie Bewegung nach allen Seiten vorausgesetzt. Sobald der zu trocknende Körper mit einer Fläche fest auf einer Unterlage aufliegt, so wird diese auflagernde Fläche durch das Eigengewicht der Masse an der Schwindung behindert sein.

3) Für die Fabrikation feuerfester Ware muß noch ergänzend die Beantwortung der Frage hinzukommen, wie verhält sich der fettere Ton im Feuer?

4) Dr. J. Aron, Beitrag zur Aufklärung der Wirksamkeit der Magerungsmittel. Notizbl. IX, S. 339.



und zu gleicher Zeit nimmt die Porosität ab." „Dieser Punkt heiße der Punkt der größten Dichtigkeit der Masse. Von dem Punkte der größten Dichtigkeit an wird durch weitere Magerung die Schwindung bei gleichem Wassergehalte in Raumteilen wieder kleiner, die Porosität wieder größer."

In derselben Weise bestimmt Aron[1]) die Schwindung, welche verschiedene gemagerte Massen im Ofenfeuer bei verschiedenen Temperaturen erfahren. Er fand, daß eine mit Quarzsand gemagerte Masse bereits bei Dunkelrotglut grösser ist, als im getrockneten Zustande, und daß von einem gewissen Punkte der Magerung ab eine solche Masse um so größer wird, je stärker sie gebrannt wird."

Bei in gleicher Weise angestellten Versuchen mit kohlensaurem Kalk als Magerungsmittel erhielt Aron das Resultat: daß „der kohlensaure Kalk in einer bestimmten Menge in feiner Korngröße einem Tone beigefügt, die Schwindung im Ofenfeuer bis auf ein sehr geringes Maß herabsetzt, so daß damit zugleich den Scherben eine gewisse Unveränderlichkeit an Ausdehnung und Porosität innerhalb ziemlich weit auseinandergehenden Temperaturen gesichert wird." Verlauf des Schwindens nebst Messungen folgt weiter unten bei der Bestimmung des Schwindens.

Porosität des Tones. Die Porigkeit bei Tonmassen ist bedingt durch das Verhältnis der beim Trocknen darin verbleibenden Luft, welche teils an Stelle des Wassers getreten ist, oder auch durch beim Glühen infolge von Verflüchtigung (Kohlensäureentwickelung) sowie Verbrennung von organischen Substanzen oder Vergasung entstellender Hohlräume. Es gelten für die Porosität dieselben Sätze wie bei der Schwindung, nur im umgekehrten Sinne. Die Porosität nimmt bei einem Tongemenge mit der steigenden Schwindung ab, d. h. mit der zunehmenden Temperatur vermindert sich in der Regel die Porosität. Im allgemeinen ist, wie Seger ermittelte und auch der Erfahrung im großen entspricht, die von der Porosität abhängige Schwindung eines Tones im Feuer um so geringer, je größer die Menge der nicht plastischen Bestandteile gegenüber dem eigentlichen Tone oder dessen feinster durch Schlämmung nicht mehr absonderbaren Teilchen ist.

Ebenso wie man ein Schwinden beim getrockneten und beim gebrannten Material unterscheidet, können wir von einer Porosität des getrockneten Tones und des gebrannten Tones sprechen.

Durch Vermehrung des Magerungsmittels läßt sich die Porosität einer Masse beschränken und hängt bei den Mischungen eines Tones mit dem Magerungsmittel das Minimum der Porosität von der Korngröße oder der Feinheit des Magerungsmittels ab.

Gewinnung des Tones.

Nachdem etwa zufällige oder äußere Kennzeichen[2]) das Vorhandensein von Ton andeuten oder bereits in der Tat gezeigt haben, verschafft man sich

---

1) Aron, über die Wirkung des Quarzsandes und des Kalkes auf die Tone beim Brennprozeß. Notizbl. X, S. 131.

2) Nach brieflicher Mitteilung gilt als oberflächlicher Wegweiser zu vorfindlichen Tonablagerungen ein verkümmertes Wachstum von mit Moos über-



von der räumlichen Ausdehnung und Mächtigkeit des Tonlagers durch Schürfen oder Schachten und Anwendung des Erdbohrers [1]) soweit Kenntnis, um einen systematischen Abbauplan ausführen zu können. Hierauf werden größere Proben, die genau und am besten auf Holzstäbchen mit Buntstift zu etikettieren sind, von vielfachen Punkten [2]) zur Untersuchung der Tauglichkeit und Qualität des Materials gesammelt. Die Tongewinnung geschieht auf zwei oder dreierlei Weise: entweder durch Tagebau oder regelrechten, bergmännischen Betrieb, oder auch gewissermaßen mittels einer Kombination beider Förderungsarten. Sind die räumlichen Grenzen wie Qualitätsverhältnisse des Tonlagers festgestellt, so läßt sich daraufhin eine maßgebende Berechnung der Gewinnungskosten des Materials vornehmen [3]). Ferner s. m. hinsichtlich der Probenahme worauf größte Sorgfalt zu verwenden ist, einen eingehenden sehr beachtenswerten Artikel in dem Ziegelei-Kalender für 1898 Tonind.-Ztg. 1898, No. 14.

Noch ist zu erwähnen, daß die Tongewinnung, wenn auch seltener mittels Maschinen durch Dampfbagger, Excavator, Dampfschaufel und Abpflügen betrieben wird, welche letztere Methoden namentlich in Amerika in Anwendung sind [4]).

Man kann bei der Tongewinnnng im einzelnen verschiedene Betriebsarten unterscheiden, worunter wir hier der besonderen Abbauweise des Tones folgen.

---

wachsenen Eichen, oder das Vorhandensein von weichen Holzarten sowie Wassergräsern. Auch sollen Huflattich und Tausendgüldenkraut ein unter dem Humus liegendes Tonlager verraten. Vor allem aber außergewöhnlich sich haltende Wasseransammlungen dienen als ein Kennzeichen, daß dieselben durch tonigen Boden an dem Eindringen gehindert werden. Für eine mehr begründete Auffindung von Tonlagern ist zu beachten, in welchen Formationen und Horizonten sie überhaupt vorkommen.

1) Geringe Tiefen lassen sich am einfachsten mit dem gewöhnlichen Löffelbohrer, der am besten schlangenartig, ähnlich einem Holzbohrer, gewunden ist, erreichen, und ist nicht einmal die Aufstellung von Bock und Winde erforderlich, wenn das Gestänge recht leicht, also aus 25 mm starkem Vierkanteisen hergestellt und die mit Muff und Schraube zu vereinigenden Enden nicht länger als etwa 2—2,5 m sind. Tonind.-Ztg. 1877. S. 316. Ottiliae, preuß. Zeitschr. für Berg-, Hütten- und Salinenwesen 7, 224. Türrschmiedt, Töpfer-Ztg. 1870, No. 2, 8; als sehr nützliches Instrument ist zu empfehlen der Bohlkensche Erdbohrer, Nassauisches Gewerbeblatt 1885, S. 22. Man s. ferner 1880, S. 25 Bertina, Verbessertes Schnellbohrgestänge mit Wasserspülung, mit dem man in stehendem, festen Ton in einer Stunde 4—5 m erreichen kann. Auf dem Westerwald bedient man sich nach Frohwein zum Schürfen des Tones einer einfachen hölzernen Stange 3 m lang und 12 cm dick, welche am unteren Ende einen eisernen Löffelbohrer hat und in je 60 cm Höhe über einander mit einem 2 cm weiten Loch kreuzweise durchbohrt ist, damit dadurch ein 60 cm langer Eisenstab als Handgriff zum Drehen oder Niederdrücken gesteckt wird. Tonind.-Ztg. 1894, No. 20. Man s. weiter Abbohrung von Tonlagern, sehr billiges Verfahren von W. Ritter, Ziegel u. Zement 1898, No. 9; sowie pat. Bohrapparat von Meyer in Hannover, D. R. P. 128197.

2) Es ist dabei zu beachten, daß das gute und beste Material eines Tonlagers immer den kleinern und erst einen sehr geringen Bruchteil des ganzen Vorkommens bildet. — Diese Tatsache darf der Tonkonsument nie übersehen und wird sie für den Tonproduzenten zum Prüfstein der Aufmerksamkeit und Gewissenhaftigkeit. cf. der Verf., Neuester bester Löthainer Ton; Sprechsaal 1883, No. 23.

3) In Betreff einer Anleitung dazu vergleiche man weiter unten.

4) Vergl. Töpfer- u. Z.-Ztg. 1894, No. 1 u. 2, Bericht über die Ausstellung in Chicago.

a) **Offener Tagebau.** Die völlig offene Förderung vom Tage aus, welche meist in Anwendung ist, wo die den Ton bedeckenden Schichten nicht zu bedeutende Abdeckarbeit[1]) erfordern, gewährt den Vorzug der meist saubersten und möglichst sortierten und gleichmäßigeren Herausschaffung. Man gräbt die den Ton überlagernde Erdschicht (den Abraum), oft nur die Dammerde ab, fährt sie bei Seite oder auf bereits ausgebeutetes Terrain und dämmt etwaiges Sickerwasser ab, indem man überhaupt in einzelnen Abschnitten das Tonfeld in Angriff nimmt. Am vorteilhaftesten geschieht das Ausgraben des Tones im Sommer oder Herbst, weil zu dieser Zeit der Ton meist weniger feucht und schwer und deshalb mit geringeren Kosten zu fördern ist.

Sobald man auf den Ton gekommen, wird die oberste Schicht sorgfältig abgeschaufelt und entweder verworfen oder als geringere Sorte benutzt, alsdann wird mit Schippe oder Stecheisen, wie Hacke und Haue der Ton in regelmäßigen, quadratischen oder länglichen gleich dicken Stücken (Schollen) von annähernd gleichem Gewichte lagenweise, gewöhnlich unter Zufügen von Wasser abgestochen. Man richtet sich dabei nach der Länge der abgeräumten Fläche und nimmt der Breite nach jedesmal so viel in Angriff, daß zwei Mann bequem Raum zum Abstechen des Tones neben einander haben. Voran schreitet man in vertikaler und horizontaler Richtung mit terassenförmigen[2]) Absätzen.

Anzuführen ist hier die von Rühne (Tonind.-Ztg. 1878, No. 50) beschriebene oberflächliche Abschälung des Tones durch erwähntes Abpflügen des Tonlagers. Trockene Witterung im Sommer und anhaltender Frost im Winter sind für das Pflügen notwendige Vorbedingungen. Ferner mag hier genannt werden die Grabmaschine von Ruston, Procter & Co. in Lincoln.

Unter Wasser läßt sich der Ton gewinnen durch eine immerhin kostspieliges Baggern. Neuerdings bedient man sich dazu der Excavatoren und wird empfohlen der Priestmannsche Excavator[3]). In sehr einfacher Weise wird an den Ufern der Saale der Lehm bis 5 m Tiefe im Wasser gewonnen. Nachdem die Erde bis auf den Wasserspiegel abgegraben ist, werden Schachtlöcher von 4 m Länge und 2,5 m Breite abgeteilt, man gräbt in die Tiefe und läßt Dämme von zirka 50 cm Stärke stehen, welche das Wasser abhalten; die Arbeit geht im Trocknen von statten. Da die Erde fett ist, so sickert wenig Wasser ein, aber es ist eine immerhin gefahrvolle Arbeit; denn ein plötzliches Einstürzen des Dammes würde die Leute vergraben. Tonind.-Ztg. 1881, S. 26.

Die offene Gewinnungsweise findet Anwendung unter den rheinischen feuerfesten Tonen bei dem von Urbar unweit Koblenz, dem von Lannesdorf bei Bonn, Niederpleis bei Siegburg, dann auf den Tonzechen in Roßbach bei Altenkirchen und in Ransbach beim Erlenhof auf dem Westerwald mittels schiefer Ebene und Wasseraufzug[4]) usw. Ferner in Oberkaufungen bei Kassel,

---

1) Verfahren bei der Abdeckarbeit, Ottiliae, a. a. O. 8, 122.

2) Über Abbau des Tones in Terrassenform vergl. Notizbl. 1865, 2. Heft S. 60. Über das sehr wichtige gefahrlose Anbringen von Böschungen vergl. Ziegel u. Zement 1889, No. 11. Ferner vergl. man Olschewsky, Ziegel u. Zement 1890, No. 10 u. 21.

3) S. Beschreibung und Näheres Töpfer- u. Z.-Ztg. 1889, No. 29.

4) cf. Pfeiffer, Vortrag, Tonind.-Ztg. 1892, No. 12 u. 13. Daselbst finden sich auch Angaben über die Gewinnungsweise nebst Zeichnungen.

teils in der Umgegend von Großalmerode, in den Gruben in der Faulbach und am Steinberg.

Auch unter den Kaolinen werden durch völliges Abdecken des Überlagernden gewonnen der Kaolin von Morl und Trotha bei Halle, Saarau in Nieder-Schlesien, Strehlen im Regierungsbezirk Breslau, der Kaolin in der Carclazegrube von St. Austel in Cornwall, in dem wahrhaft großartigen Tagebau von 45,7 m Tiefe und 2 km im Umfang auf der Höhe eines Gebirgsrückens.

Die Gewinnung erfolgt hier in der Weise, daß man einen kleinen Wasserlauf in die Grube leitet, welcher den geförderten Kaolin auflöst. Der Tonschlamm wird alsdann in Reservoire gepumpt, an deren Grunde sich der Kaolin absetzt. Hierauf wird das Wasser abgelassen und der Schlamm in großen Behältern über Feuer getrocknet [1]).

b) **Kuhlenbau.** Hierbei schachtet man, doch nur wenn die Wände feststehen, Räume von 3—6 m Seite aus und füllt diese dann mit dem Schutte des danebenliegenden Raumes aus.

c) **Reifenschachtbetrieb.** Ein Abbau des Tones, der, wo die Ausbeutung eine unregelmäßige ist, als Raubbau bezeichnet werden muß, indem er nur mittels Schächten geschieht, die bis auf das Lager geführt und dort behufs Herausholen des Tones mehr oder weniger ausgedehnt werden, ist die wohl noch am häufigsten gebräuchliche Gewinnungsweise bei Teufen über 15—20 Fuß und in den belgischen Schächten bis zu 140 Fuß Tiefe. — So geschieht meist die über 300 Jahre alte Förderung der nassauischen Tone bei Höhr und Grenzhausen und Umgegend [2]) mittels runder, mit Reifen (Birkenstangenreifen, oder auch biegsame buchene Stangen) einer über dem andern verbauter zylindrischer Schächte, welche durch die Dammerde und häufigen Kies- und auch Sandschichten hindurch, bis auf das in wechselnder Mächtigkeit bis zu 60 Fuß und mehr befindliche Tonlager abgeteuft und alsdann vor Ort, behufs ergiebigster Herausschaffung, soweit sie ohne Einsturz möglich ist, umgekehrt trichterförmig oder glockenähnlich bis zu 12 m Durchmesser ausgeweitet werden, soweit es die Festigkeit der Tonmasse gestattet. Der dadurch gewonnene Ton wird mittels eines über den Schacht aufgestellten Haspels in Kübeln heraufgewunden. Das Abstechen des Tones in länglich viereckige Stücke, lagenweise, regelrecht mit der Haue, geschieht in derselben Weise, wie beim völlig offenen Tagebau.

Ganz dieselben Einrichtungen finden an verschiedenen Förderpunkten des Tones zu beiden Seiten des Rheines in der Gegend von Koblenz statt. So gewinnt man den Ton bei Mühlheim, unweit des genannten Ortes und verbaut daselbst die Schächte bis zu 80 Fuß Tiefe. Nachdem die Dammerde durchgraben ist, folgt eine dort sehr verbreitete Bimsteinsandschicht, unter welcher häufig alsbald der Ton angetroffen wird in einer Mächtigkeit von 40 und selbst 60 Fuß.

Ähnlich wird der Ton von Schwarzenfeld bei Schwandorf in Bayern aus viereckigen, 20—30 Fuß im Quadrat haltenden, verbauten Schächten gewon-

---

1) Ferner s. m. Rein. Leitm. Töpfer-Ztg. 1895, No. 47.

2) Beiläufig werden so hier pro Jahr bis zu $3^3/_4$ Million Zentner Ton gewonnen. Müller, Tonind.-Ztg. 1878, S. 125. Versandt werden nach J. Pfeiffer (Tonind.-Ztg. 1894, No. 36) vom Westerwald jährlich über zehntausend Doppelwaggon Ton. Ferner vergl. m. die Tonindustrie des Westerwaldes von Meister, Bunzl. Tonwarenindustrie 1891, No. 46.

nen, die nach geschehener Ausbeutung und tunlichstem Rückgewinnen der Verzimmerung wieder zugefüllt werden. Die weiteren Operationen sind dieselben. Ähnlich findet auch teilweise die Tongewinnung bei Großalmerode statt.

d) **Kammernbau.** Anderwärts, wie z. B. bei der Gründstädter Hafenerde geschieht die Gewinnung vermittels Schächten von 30—80 Fuß Tiefe in ganzer Schrotzimmerung, wobei die wasserführende Sandschicht durch den das Dach des Lagers bildenden gelben fetten Ton abgedämmt wird, dann durch Strecken- oder sogenannten Kammernbau, da der gelbe Ton des Hangenden meist sehr gut trägt. So wird vom Schachte aus, allmählich weitergreifend, eine Kammer von 12—16 Fuß Breite in der ganzen Höhe dss brauchbaren, zwischen 6—13 Fuß wechselnden Lagers hergestellt, wovon die 3—6 Fuß starke, fetteste und reinste mittlere Schicht herausgeschlagen und dieser Raum nur notdürftig verzimmert wird. Sobald diese Zimmerung nicht mehr tragfähig, was gewöhnlich der Fall ist, wenn man auf diese Weise 30—40 Fuß vorwärts gegangen, wird das noch brauchbare Holz herausgerissen, worauf die ganze taube Masse allmählich bis zur Oberfläche nachstürzt.

Hierauf wird in den übrigen Schachtstößen nach und nach derselbe Abbau ausgeführt, und nachdem so die ganze Umgebung des Schachtes abgebaut worden, wird letzterer verlassen, das Holz herausgerissen und in einer Entfernung von 30—40 m ein zweiter Schacht abgeteuft.

Der Ton wird bereits in der Grube vermittelst einer Art von Axt in ca. 1 Zentner schwere, längliche, viereckige Stücke gehauen und kommt so in den Handel.

e) **Reifenschächte mit söhligen Strecken. — Gewinnungsweise der belgischen Tone.** Auch für die zum Teil pyrometrisch so gewichtigen, meist höchst fetten belgischen Tone sind die eigentümlichen Lagerungsverhältnisse in abgeschlossenen elliptischen oder runden Mulden derartig, daß eine ähnliche Gewinnungsweise in Gebrauch ist. In der Regel liegt der Ton auf einer Sandschicht und geht nach oben hin allmählich in gewöhnlichen Ziegelton über.

Die runden, 1 m weiten Reifenschächte behufs der Gewinnung der verschiedenen Tone führt man so nahe wie möglich zur Seite der Tonmulden bis in den Sand nieder.

Von den Schächten aus treibt man verzimmerte, sich treffende Stollen, wodurch auch der Wetterzug hergestellt wird. Zuerst nimmt man so die oberste Tonschicht hinweg und geht sukzessive immer weiter zum Liegenden der Tonmulde herab.

Die Gewinnungsstrecken haben etwa 2 m Höhe und Breite, und werden vor dem Punkt, wo man den Ton erreicht, quer durch die Lagerstätte getrieben, entweder bis zur Grenze derselben, oder, bei zu großer Länge, so weit als die Gewinnung mit Vorteil geschehen kann, während man dann den übrigen Teil von einem neuen Schachte aus gewinnt.

Hierauf treibt man, zu den Schächten zurückkehrend, neben der ersten eine zweite Strecke usw. Ist so der Ton in einer Etage gewonnen, so setzt man die nächste 3 m unter der vorigen an. Beim Verzimmern der Strecken wird eine Schicht Ton von ca. 1 m angebaut. Beim Treiben der Nebenstrecken nimmt man das Holz so viel als möglich weg und läßt die alte Strecke zu Bruche gehen, wobei man den in der First angebauten Ton zum größten Teile gewinnt.

Die Arbeit in dem Tone selbst erfolgt in der Weise, daß die Firste sowohl, als der Ortsstoß in einer Wölbung geführt werden. Der Ton wird in etwa 33 cm langen und breiten Stücken gewonnen, deren Dicke an dem einen Ende etwa 9 cm, an dem andern 10 cm beträgt.

Durch die Stellung des Ortsstoßes hat man für jedes Stück schon zwei freie Seiten. Auf den anderen Seiten werden dieselben mittelst eines herzförmigen Messers losgeschnitten und endlich auch auf der Rückseite mittelst einer gebogenen Hacke mit breiter querstehender Schneide losgetrennt.

Die Förderung erfolgt in Schiebkarren bis zu den Schächten und in diesen selbst durch Tonnen und Haspel.

Zur Wasserhebung in Ton- wie Lehmgruben empfiehlt sich als ein sehr wirksamer, wie einfacher Apparat der Pulsometer. Töpf.-Ztg. 1876, No. 369 und 371. Ferner wendet man Zentrifugalpumpen und Wasserschnecken an.

f. **Bergmännische Gewinnung.** — Bergmännisch im engeren Sinne mittelst Stollen oder auch hinzukommenden Schachtes, wobei für Luftventilation, für Wasserablauf, für gute Beförderung auf Schienenwegen und vermittelst Kippwagen zu sorgen ist, werden in Deutschland und zwar in Sachsen gewonnen die Kaoline von Aue und Sornzig, ersterer auf besonders mühsame Weise; die Tone von Löthain bei Meißen mittelst 30—40 m tiefer Schächte bei solidester Verzimmerung und Verwendung von Dampfmaschinen zur Wasserhebung, sowie musterhaftem Betrieb. [1]) Die Produktion beträgt hier 350000 Zentner. In Schlesien die weißen Tone der Löwenberg-Bunzlauer Mulde, die Tone bei Naumburg a. Queis und Tschirne bei Siegersdorf; in Bayern der Klingenberger Ton mittelst 70 m tiefer Schächte; in der Provinz Hessen-Nassau der Ton von Grossalmerode bei Kassel. Bei dieser alten Tonfundstätte (seit 1503 bekannt) geschah die Förderung, wie noch heute wegen der billigen Selbstkosten, für den Tiegel- und Töpferton, durch sogenannte Tagesschächte (erst abgedämmt mit Hilfe von Birkenreis und Knüppelholz und dann mehr gesichert mittelst Bolzenschrotzimmerung). Zur Unterfahrung des Deckgebirges durch Stollen oder Schächte ging man später über, und erst in neuester Zeit entschloß man sich zum Tiefbau. Das auszurichtende Feld wurde am tiefsten Punkte durch einen Schacht gelöst; dann fuhr man von der Grundstrecke aus die Treppenorte auf. Für den Glashafenton ist jetzt auf zwei Werken die Gewinnung durch Stollenlösung und Unterortsbau im Gange während das dortige ehemalige fiskalische Tonwerk den eigentlichen Tiefbau angenommen hat. Im Jahre 1858 betrug die Tonproduktion im Ganzen ca. 725000 Zentner. Ein bedeutender Teil des Tons geht nach Amerika, unterstützt durch die billige Schiffsfracht, als Ballast. Leitm. Zentralblatt 1888 No. 1—3.

Ferner wird so gewonnen in Böhmen der Kaolin zu Ober-Bris b. Pilsen; in Niederösterreich der Ton von Tiefenfucha und der bekannte Göttweiger Ton, welcher letztere nach durchaus rationellem Abbau über Tage in Halden zur Verwitterung gestürzt wird; in der Normandie der sehr geschätzte Pfeifenton des Pays de Bray mittelst Abbau in einer Tiefe von 60 m. Ferner werden alle sehr festen Tone: so die Schiefertone in England mittelst Schrämme und Schießarbeit den Grubenbauen entnommen, bei welchen die Förderung gleichzeitig mit der Kohle stattfindet und außerdem der weitere Transport durch unmittelbar sich anschließende Wasserwege ungemein begünstigt ist. So wird in

1) S. Töpfer-Ztg. 1883, No. 47.

einer der Schichten der Zentralkohlenformation der in Dudley geförderte Ton von Stourbridge [1]) mittelst kombiniertem Strebe- und Pfeilerbau aus einer Tiefe von 70—100 m mit den Kohlen zu Tage gebracht.

Man sortiert den Ton in der Grube schon in drei Sorten, von denen die beste zu Glashäfen und Hochofenkernschächten, die mittlere für Schmelztiegel zum Schmelzen von Messing und Eisen, und die dritte für feuerfeste Steine verwendet wird.

Der Ton der Glenboig Star Mine, welcher in einer Tiefe von 35 m liegt mit einer Mächtigkeit von 2—3 m, wird mit Schießarbeit gewonnen. Die Abbaumethode ist analog der der Kohlenflötze. Jeder Arbeiter haut täglich je nach der Härte und Mächtigkeit des Tones 4—5 Tonnen, welche in groben Stücken zu Tage gefördert werden.

Aus beträchtlicheren Tiefen wird der mehrere verschiedene feuerfeste Schichten bildende Garnkirk-Ton bei Glasgow, der mit den Flötzen von Steinkohle und Kohleneisenstein wechsellagert, zu Tage gebracht. Bei dem Abbau erhalten die Strecken 3—4 m Breite, stehen rechtwinklig auf den Schnitten und fast ohne Zimmerung. Hierdurch und durch ebenso breite Überhaue werden 8—10 m im Quadrat starke Pfeiler gebildet, welche zur Unterstützung des Hängenden stehen bleiben. Die Gewinnung ist daher schachbrettförmig und beginnt mit der Führung eines 10—42 cm breiten Schrammes zwischen den beiden unteren Lagen des Flötzes; sie endigt mit dem Herunterschießen der verschrämmten Masse. Der Ton gelangt als Rohton oder ausgesucht und zubereitet in den Handel.

Ebenso wird mit der Kohlenförderung als Nebenprodukt, wenn auch leider nicht regelmäßig und unvollständig, der feuerfeste Schieferton bei Saarbrücken und in Schlesien bei Waldenburg gewonnen, sowie in um so ausgiebigerem und bedeutendem Maße in Böhmen [2]).

Unterirdisch geschieht der Abbau eines rheinischen feuerfesten Braunkohlentons [3]) in der Gemeinde Nierendorf im Kreise Ahrweiler. Das Tonlager ist mehr als 28 m mächtig. Unter dem wechselnden Abraum kommt eine Reihe bunter Tone, hierauf folgt ein eigentümlicher sehr zart chokoladenfarbner, pyrometrisch hervorragender, zu oberst eine hellere und tiefer eine dunklere Schicht, dann ein blauer, fetter usw. Mitten im Ton wurde ein 66 cm mächtiges Braunkohlenflötz angetroffen. Über die eingehende pyrometrische und analytische Untersuchung der verschiedenen Tonschichten vergl. man a. a. O.

Berechnungsweise der Ergiebigkeit eines Tonlagers [4]). Kurz in Zahlen möge hier angegeben werden, wie man den Inhalt eines Tonlagers an Ton einfach berechnet.

1 Ar = 100 Quadratmeter, 1 Hektar = 100 Ar = 100 × 100 = 10000 Quadratmeter. Angenommen z. B. eine Fläche umfasse 15 Hektar und die durchschnittliche Mächtigkeit des Tonlagers sei 10 m, so berechnet sich

---

1) Zusammenstellung von 12 Analysen des Stourbridgetones und im Vergleich zum besten Ton von Höganäs in Schweden. S. d. Verf. Tonind.-Ztg. 1880, No. 8.

2) D. Verf., Schiefertonvorkommen in den Steinkohlenschichten Böhmens, Österr. Ztg. für Berg- und Hüttenwesen 1889, S. 37.

3) cf. der Verfasser, Sprechsaal 1877, No. 33 u. 34.

4) In betreff zweckmäßiger geologischer Feststellung der Reichhaltigkeit eines Tonlagers oder der Brauchbarkeit des Materials darin sei hier verwiesen auf eine Darlegung von Schamberger, Bunzl. Tonwarenind.-Ztg. 1895, No. 49.

15×10 000×10 = 1 500 000 Kubikmeter, oder wenn man das Volumgewicht des Tones nur gleich 1,5 setzt 1 500 000×100×1,5 = 2250 000 000 Kilogramm oder 22,5 Millionen Doppelzentner.

Wertschätzung eines Ziegel-Tonlagers. Bringt man hinsichtlich der Wertberechnung von dem wie vorstehend ermittelten Tonquantum, (für Abbau- und Sortierverluste, und unvorhergesehene Verluste) 50 Proz. d. h. die Hälfte in Abgang, so läßt sich für diese Tonmenge der Geldwert berechnen nach dem Preise, welcher z. B. für den Zentner Ziegel am Produktionsorte bezahlt wird.

Von dem so berechneten Bruttowert sind dann noch die sehr wechselnden Grab- und Fortbewegungskosten, wie die üblichen für das Formen und die bekannten oder zu ermittelnden für das Brennen in Abzug zu bringen, um einen wenn auch nur annähernden Anhalt hinsichtlich der Wertschätzung zu erhalten [1]).

Fundorte der Kaoline und Tone.

Wichtigste Fundorte der Kaoline.

Preußen.

Morl, Trotha, Teicha, Lettin, Dölau, Sennewitz, Gutenberg bei Halle. [2]) Muttergestein: Quarzporphyr, zum Teil Material der Berliner Porzellanmanufaktur. Bei Muldenstein über 17 m Kaolin, welcher wie der Kaolin bei Morl usw. von Braunkohlen bedeckt ist. Zu Saarau in Niederschlesien [3]), zu Ruppersdorf bei Strehlen (30 m mächtig) und Tschirne im Reg. Bez. Breslau [4]). Das Muttergestein dürfte Granit sein. — In neuester Zeit wurde in Kreisau (Schlesien) auf primärer Lagerstätte ein mächtiges Lager roten Kaolins aufgefunden. Die recht vollständige Analyse ergab einen Natrongehalt von 1,76 Proz. und beträgt die Eisenmenge nur 0,45 Proz. (?) (Tonind.-Ztg. 1903, No. 199).

Bayern.

Im Fichtelgebirge verschiedene kleinere Vorkommen, so am Steinberg

---

1) Vergl. Über Herstellungsberechnung oder Kalkulation im Ziegeleibetriebe, eine recht eingehende Darlegung von J. von Bük. Leitm. C. A. 1890, No. 9—11. Man s. ferner die Schrift von Dr. E. Tscheuschner „Über die Bewertung von Tongruben im Enteignungsverfahren“, worin sich eine ausführliche Anleitung zur Durchführung solcher Berechnungen findet.

2) Man s. die Wertstellung verschiedener Kaoline vom Verfasser. Dinglers Journal 1870, Bd. 98, S. 396. Die Ansicht v. Fritschs, Tonind.-Ztg. 1881. p. 391, daß die Halleschen Kaoline außer den dortigen Porphyren den Gneisen und Graniten des Erzgebirges entstammen, ist dahin zu berichtigen, daß die Halleschen Kaoline sämtlich, so weit sie an primärer Lagerstätte ruhen, dem Quarzporphyr entstammen. — Die übrige Literatur: Von L. v. Buch (1824) Beschreibung des Harzes; Laspeyres, Über die quarzführenden Porphyre der Umgegend von Halle a. S., Ztschr. d. deutsch. geol. Ges. 1864. 16. p. 367 u. ff.; ders., Erltg. z. geol. Karte v. Preußen, Blatt Petersberg 1874, N. 263; Speyer, dto. Blatt Wettin 1884, bis auf Humperdink, 1901, Vortr. Vers. deutsch. geol. Ges. wird durch Röslers Beobachtungen (a. a. O. S. 344 u. ff.) richtig gestellt und die Entstehung der Halleschen Kaoline und Kaolintone sowohl nach Zeit wie Art ihrer Bildung äußerst wahrscheinlich gemacht.

3) Man s. die Wertstellung der feuerfesten Tone vom Verfasser in Dinglers Journal 1869, Bd. 194. S. 420.

Besonders ausgezeichnetes Vorkommen daselbst, s. d. Verf., Dinglers Journal 1877, S. 224 u. ff.

4) M. s. w. wichtige schles. Kaolinlager, Heintz, Tonind.-Ztg. 1888, 38.

In der Oberpfalz und Oberfranken: Schmelz bei Tirschenreuth, Gegend von Wiesau: Schonhaid, Kornthann, Gegend von Mkt. Redwitz: Haingrün, Waldershof, in der Naab-Wondreb-Bucht: Wondreb, Kohlberg, endlich die Kaolinsteinvorkommen von Schnaittenbach-Hirschau.

Die bei Wegscheidt in Unterbayern (Lämmersdorf, Diendorf, Harstorf, Griesbach, Gebrechtshof, Kronawithof, Willmersdorf, Niederndorf, Rothenkreuz, Neumühle, Pfaffenreuth, Thiermühle, Ober- und Unterröd, Stollberg, Wildenranna, Petzöd, Mitterwasser usw. sich findende und durch Zersetzung von pegmatitartigem Syenit im Gneiß entstandene wird gewöhnlich Passauer Porzellanerde genannt, früher das Material der alten Fabrik zu Nymphenburg. Am Keilberge in der Nähe von Regensburg, Gewinnung aus dem Arkosesandstein des Keupers. — Bei Straubing wurden im Jahre 1900 in der Nähe von Malzersdorf bedeutende Lager von Kaolin aufgeschlossen.

Sachsen und Thüringen.

Seilitz, Löthain, Schletta und Kaschka bei Meißen. Bei Karcha zwischen Meißen und Nossen. Sornzig und Kemmlitz bei Oschatz, Ostrau, Motterwitz und Kroptewitz bei Leisnig. Die Kaoline von Seilitz und Sornzig sind kaolinisierter Quarzporphyr; dasselbe gilt von den Kaolinen von Mügeln bei Oschatz, während der Kaolin von der Meißener Umgegend zum größten Teil dem Dobritzer Porphyr zum Teil aber auch dem Pechstein entstammt. Das früher berühmte Kaolinvorkommen von Aue bei Schneeberg in Sachsen stammt aus dem Granit.

In neuerer Zeit besonders ist der Mügelner Kaolin bekannt geworden, die Lager von Oschatz und Börtewitz sind mit die größten Kaolinvorkommen in Deutschland. — Bei Bautzen ist zu nennen das Vorkommen von Marka und die überaus mächtigen Lager (bis 70 m erbohrt) der Adolfshütte bei Quoos.

Endlich wäre noch in Sachsen-Altenburg das ebenso mächtige Eisenberger Kaolinlager zu nennen.

Der Kaolin findet sich auch als Bindemittel von Sandsteinen an verschiedenen Punkten sog. Kaolinsandstein. Das bedeutendste Vorkommen ist im Bundsandstein auf dem Thüringer Wald. Vgl. v. Dechen, die nutzbaren Mineralien und Gebirgsarten im deutschen Reiche, 1873, S. 762.

Österreich.

Neben kleineren Vorkommen bei Krummnußbaum in Niederösterreich und Neustift bei Mölk sind vor allem wichtig die Karlsbad-Egerer Kaoline. Zettlitz (besonders geschätzt für Porzellan), Neudau, Fischern, Putschirn, Dallwitz, Gabhorn, Imliegau, Neurohlau, Sodau, Münchshof und Gießhübl bei Karlsbad in Böhmen. Die Genesis dieser Kaoline ist in der schon wiederholt erwähnten Abhandlung von Rösler in erschöpfender Weise dargetan worden; das Muttergestein ist Granit, der mit Hilfe durchgreifender Agentien aus der Tiefe kaolinisiert wurde. — Nicht immer kann in Böhmen scharf zwischen Kaolinen und Kaolintonen unterschieden werden, so bei den Kaolinen und Kaolintonen von Wildstein bei Eger.

Bei Braunsdorf und Windischgrätz 12 bis 27 m mächtig über der Braunkohle. Ferner bei Rohlau, Buchau, Deutschkillmes; in kleineren Ablagerungen in und auf der Braunkohle bei Littmitz. Im Bezirk Petschau und bei Pilsen in Böhmen als Bindemittel von Kohlensandstein. Kottiken, Nembrem, Wobova,



Lettag, Wiska, Tremosna, Oberbris (sehr bedeutendes Vorkommen, wie Gewinnung), Podersam (geschätzt für Ultramarin). Schwarzbach und Krumau in Böhmen.

Groß-Treßny, Brenditz, Ruditz, Dranbrowitz und Blansko, Znaim in Mähren.

In Kroatien in der Gemeinde Lasinja, in den Kompossessoraten Kovacevac und Sredickodesno neuere reiche und geschätzte Kaolinlager.

Prinzdorf, Perecsény in Ungarn.

Sargadelos in Galizien.

Székely in Siebenbürgen, ferner im Gebiete der berühmten Erzvorkommen Nagyay, Verespatak, Schemnitz.

In Steiermark: St. Martin b. Feistritz im Bachergebirge.

Rumänien.

Bedeutendes Kaolinlager in der Nähe von Mangalia in der Dobroudja.

Italien.

Bourgmanero und Tretto bei Schio. Provinz Vicenza. Insel Elba. Chiesi.

Frankreich[1]).

In der Gegend von St. Yrieix bei Limoges, kaolinisierter Pegmatit im Gneißgebirge. Limousin. Vorzügliche Kaolinlager durchqueren Haute-Vienne von Westen nach Osten.

Louhossoa bei Bayonne. Pieux bei Cherbourg. Mercus (Ariège). Mende (Lozère), Chabrol (Puy-de-Dome).

Ferner Kaolin von Les-Collettes und Echassières, Dep. Allier. Neuerdings im Departement de l'Orne, endlich zu Bône in Algier.

Spanien.

Almançon, Aloabdil und Alhambra.

Portugal.

Oporto.

Großbritannien.

In den Grafschaften Cornwall und Devon [2]). Wird durch Auswaschen des kaolinisierten Granits gewonnen. Die Entstehung des Kaolins steht im Zusammenhang mit der Bildung der Zinnerzlagerstätten [3]). St. Mevau, St. Stephens, St. Donnis, St. Enoder, Rocher und Blorzey, bei Blisland und St. Breward. Der Cornish stone [2]) zu Tregoning-Hill bei Hellstone ist halbverwitterter Pegmatit (ein glimmerfreier Granit). Le Moor bei Dartmoor und Plymton (Devonshire).

---

1) Brongniart, Über Porzellanerde usw. Bull. soc. géol. France. 1839. Compt. rend. 7. Archiv. d. mus. d'hist. nat. 1840 etc. — Thurmann, Essai de phytostatique. Fuchs et de Launay: Traité des gîtes mineraux 1893. I. Auscher et Quillard: Technol. de céramique 1901.

2) Siehe Beschreibung von Hanhart, Wien. Centrbl. 1888, No. 81. — In betreff dieses als reichstes Kaolinlager der Welt geltenden Vorkommens, woraufhin in England und sonst eine höchst bedeutende keramische Industrie mit einer jetzigen Produktion von 300000 Tonen per Jahr im Werte von 8 Mill. Mark begründet worden ist, cf. Rein, Vortrag in der Gesellschaft für Erdkunde in Köln. Töpfer-Ztg. 1895, No. 47.

3) Rösler, a. a. O.

Dänemark.

Bornholm (östlich von Rönne) ein mehr als 30 m mächtiges Lager kaolinisierter glimmerarmer Granit. [1] [2])

Norwegen.

Neu entdecktes Kaolinlager bei Gjösingfiord unweit Eckersund.

Schweden.

In neuerer Zeit im nordöstlichen Schonen in der Ifösees der Triasformation angehörend [3]).

Rußland.

Risanski und Lochkarewska. Im Gouvernement Volhynien Sudilkowo und Dombrowska (sehr bedeutendes Vorkommen) [4]). Sehr reiche Kaolinlager im Kreise Werchnednjeprowsk entlang der Jekaterinenbahn [5]). Im Kreise Mariapolska (sehr ausgedehntes Lager).

Kaolin kennt man an mehreren Stellen im Süden, wo er ein Zersetzungsprodukt mancher Granite und Gneise bildet; große Stöcke existieren in Ekaterinoslaw, Kiew, Cherson, Tschernigow und Volhynien. In dem europäischen Rußland finden sich weitaus vorherrschend neptunische Bildungen. Granitisches Gestein geht, wenn man von Finnland und den angrenzenden Gouvernements absieht, relativ selten zu Tage, weshalb die Kaoline nicht häufig sind. Töpfer- u. Z.-Ztg. 1890, No. 52. Im Gouvernement Podolien sehr bedeutendes Kaolinlager bei Palanka.

Finnland.

Orjervi und Serdobole.

China und Japan.

Tonykang und Sikang [6]).

Amerika.

Wilmington und Newcastle am Delaware. In Florida bei Jacksonville in einem Umkreise von 40 Meilen Kaolinlager, welche ein geschätztes Material für Porzellan abgeben sollen. Nach den Ausstellungsberichten in Chicago 1893 sollen schöne weiße Kaoline anzutreffen sein in Colorado, Kentuky, Luisiana, Missouri, Nord-Karolina, Jackson County und im Staate Oregon usw.

Weiterhin ist zu verweisen auf „Gesammelte Analysen" des Verf. 1901, S. 96—99.

Wichtigste Fundorte der Tone.

Die ausgedehntesten und wichtigsten Tonablagerungen finden wir in den tertiären Bildungen und in diesen wieder in der miocänen Braunkohlenformation mit ihren verschiedenen Schichten. In den sieben

---

1) Forchhammer, a. a. O — Winkel, Kaolinslemmervet „Rabekkegaard" paa Bornholm, Kjöbenhavn. Fettn. Forenings Tidtskrift. 1883.

2) Man s. die Tonindustrie auf der Insel Bornholm, Tonind.-Ztg. 1880, No. 41 und Töpfer- u. Ziegel-Ztg. 1898, No. 15.

3) Tonind.-Ztg. 1895, No. 9.

4) Ebenda 1885, No. 18 und No. 1894, No. 21.

5) Ebenda 1890, S. 21 und 47, Man sehe ferner Miklaschewsks sehr lesenswerte Monographie d. ff. Mineralien des europäischen u. asiatischen Rußland 1881.

6) Sprechsaal 1888, No. 37. Analyse.

großen Braunkohlenbecken Deutschlands stoßen wir überall auf reichliche Tonablagerungen, so daß die Angabe der Braunkohlenlager (die gewöhnlich eine Decke von plastischem Ton haben) gleichzeitig die Fundstätten dieser Tone bezeichnet.

1. Das norddeutsche Becken, durch das ganze nördliche Deutschland, insbesondere Preußen, und durch Polen verbreitet mit einem Teile von Oberschlesien.

2. Das niederschlesische Becken mit den Braunkohlentonen in den Kreisen Bunzlau (hier ist nach Williger nur ein Teil tertiär und gehören weitaus die meisten Tone der Löwenberg-Bunzlauer Kreidemulde an), Grünberg und Nimptsch.

3. Das böhmische, welches im nordwestlichen Böhmen drei abgesonderte Hauptbecken bildet, das obere, mittlere und untere Egerbecken, und spezieller mit den Tonen des Falkenau-Karlsbader, des Saaz-Aussiger und des Budweiser Beckens, letztere der Kreide angehörig. An das Falkenau-Egerer Becken schließen sich in Bayern dessen Fortsetzungen, welche in großer Menge und Ausdehnung sehr gute Tone liefern. Anreihen läßt sich das steirische Becken, von Windischgrätz bis gegen Laibach, mit den Tonen in Krain und Kärnthen.

4. Das rheinisch-hessische mit den Tonen des Mainzer Beckens, denen von Salzhausen, am Vogelsberge und im vormaligen Kurhessischen.

5. Das niederrheinische Becken, insbesondere in der Gegend zwischen Bonn, dem nördlichen Abhange des Siebengebirges und der Sieg in beträchtlicher Mächtigkeit entwickelt — mit den Tonen bei Aachen, Düren, an der Sieg und denen des Neuwieder Beckens. Hierzu sind auch die Tone des Westerwaldes (die hessen-nassauischen) zu rechnen.

6. Das oberrheinische Becken zwischen Vogesen und Schwarzwald — mit den Tonen an der Haardt — und in der Pfalz.

7. Das Sächsische Becken mit den Tonen im Königreich und in der Provinz Sachsen.

Nähere Fundorte der größeren Vorkommen sind:

Rheinprovinz.

Auf der linken Rheinseite Laurensberg bei Aachen, Luchersberg bei Düren, M.-Gladbach, Call in der Eifel und andere Punkte daselbst, bei Helenabrunn; an der Mosel: Dreknach; auf der rechten Rheinseite Vohwinkel, Altenkirchen, Uttweiler und Siegburg, Altenrath, Freehen, Niederpleis, Honnef; auf der linken Rheinseite Lannesdorf, Mehlem; Coisdorf, Ringen an der Ahr; Kruft, Klaidt; Kettich, Kärlich, Mühlheim bei Koblenz (bilden hier das unterste Glied der Braunkohlenformation); auf der rechten Rheinseite Theinsbach, Weiß, Urbar bei Vallendar.

Provinz Hessen-Nassau.

Am Westerwald: Höhr, Grenzhausen, Ransbach, Baumbach, Ebernhahn, Mogendorf und Niederahr (bilden eine von Westen über Norden nach Osten sich hinziehende mantelförmige Umlagerung der aus Spiriferensandstein bestehenden Montabauer Höhe). Die Nassauischen Tonlager schließen sich am östlichen Rande des Tertiärgebietes dicht an die Braunkohlenvorkommen an, während im Westen dieselben weiter von den Braunkohlen getrennt erscheinen und die Ablagerungen bis ins Rheintal hineinreichen, Wirges, Giroden,

bei Walmerod, Ebernhahn, Siershahn, Moschheim, Staudt, Dernbach und in neuerer Zeit in Langen-Dernbach usw. [1]).

Winkel; ferner bei Hadamar, Limburg, Herborn in einer Mächtigkeit von 12—20 m, Geisenheim, Flörsheim, Langenaubach und Breitscheidt (Walkerde). In neuerer Zeit (1899) wurden mächtige Tonlager bei Niederhadamar aufgeschlossen.

Möncheberg bei Kassel; Hirschberg und Steinberg bei Groß-Almerode, altbekannter feuerfester Ton, ausgezeichnet durch Mächtigkeit, 10—13 m der Ablagerung, und Handel der weitverbreiteten Schmelztiegel. (Braunkohlenförderung daselbst schon seit 200 Jahren). Epterode (Tiegelton und blendend weißer Pfeifenton), Weikerode im Kreise Witzenhausen (feuerfester) und am Ahlberge (Töpferton). Die nähere Beschreibung der nassauischen Tonvorkommen findet sich bei Lepsius, Geologie von Deutschland, Bd. I, in ausführlicherer Schilderung.

Bayern [2]).

Im obersten Keuper, an der Grenze gegen den Jura — der Rhätformation: In Mittelfranken in der Umgegend von Nürnberg größere Vorkommen, desgleichen in der Nähe von Bayreuth, Thurnau und anderen Orten Oberfrankens. (cf. Kaul, Inaug.-Diss. Erlangen 1900). Im Tertiär, Obermiocän: In Niederbayern bei Deggendorf, in der Nähe von Abensberg die Abensberger Erde, desgleichen in der Nähe von Passau und Senfftenberg (Oberfranken). In der Oberpfalz die Vorkommen von Stullen und Schwarzenfeld, im Sauforst bei Burglengenfeld. In Unterfranken, wahrscheinlich quartären Alters: Die berühmten Klingenberger Tone und die von Mechenhardt. In der Rheinpfalz, im obersten Miocän: Hettenleidelheim, Assenheim bei Grünstadt, Lautersheim, Albsheim und daselbst noch an verschiedenen Punkten, darunter auch Kaolintone, bis gegen Dürkheim hin.

Württemberg.

Heidenheim, tertiär, ganz unbedeutendes Vorkommen.

Hessen-Darmstadt.

Im Braunkohlenlager von Salzhausen plastische Tone, desgleichen am Vogelsberg bei Zell. Hierher gehören auch die geschätzten Klebsande von Hohensülzen bei Alzey.

Westfalen.

Bei Höxter (feuerfester Braunkohlenton). Burbach bei Siegen.

---

1) Das weltberühmte Krug- und Kannenbäcker Land umfaßt die Industrieorte: Höhr, Hillscheid, Arzbach, Grenzhausen, Hilgert, Alsbach, Hundsdorf, Baumbach, Ransbach, Wirges und Mogendorf. Nach Frohwein sind die mächtigsten Tonablagerungen die bei Ebernhahn, Siershahn, Ransbach und Baumbach. Nach einem Vortrage von Meister (Wiesbaden Jan. 1898) befinden sich daselbst 21 Orte der Tonwarenindustrie und ist dieselbe bereits 700 Jahre alt.

2) Bayern birgt trotz seines verhältnismäßig geringen Flächenraumes fast sämtliche bekannte geologische Gesteinsbildungen in sich und bildet infolge der beträchtlichen Entwicklung wie mannigfacher Form derselben eine reiche Fundgrube von Tonen und namentlich Kaolinen. Man s. Töpfer- u. Z.-Ztg. 1896, No. 19.



Hannover.

Sachsen-Gotha.

Rippersrode bei Arnstadt (plastischer Ton und Walkerde). Rhätformation.

Schwarzburg-Rudolstadt

Über der Braunkohle von Frankenhausen und Egerstädt (weißer plastischer Ton, zum Teil feuerfester).

Sachsen-Altenburg.

In der sächsisch-thüringischen Braunkohlenablagerung die Eisenberger Tone (feuerfeste). An der Peniger Chaussee (weisser), Bocka (Töpferton), Oberlödla und Fichtenhainchen (weißer Ton).

Sachsen [1]).

Feuerfeste Tone in der nächsten Umgebung von Meissen bei Löthain, Kaschka, Mehren und Seilitz, Taubenheim, Pröda nnd Schwochau unweit Lommatsch. Unter den Meissner Tonen sind besonders bevorzugt die von Löthain (F. bis 60 Proz.), während die übrigen 10- bis höchstens 20 prozentig sind. Feuerfeste Tone liefern Denkeritz, Groplitz, Koitsch unfern Lommatsch, Pulsnitz und Waldenburg (altberühmter Steingutton). Ferner feuerfeste Tone unweit Leisnig bei Mügeln, Ragowitz und Colditz, unfern Leipzig bei Borsdorf und Raditsch bei Grimma (blauer und weißer plastischer Ton). Blumrode bei Borna (Töpferton), Ottendorf bei Chemnitz (desgl.). Bei Qualitz, Mirka und Karcha (ff.). Bei Mehren (plastischer, ff.). Margarethenhütte bei Bautzen (ff.). Am Kummersberge bei Zittau (Töpferton). Bei Markranstädt (ff.).

Provinz Sachsen.

Bei Edersleben und im Riestädt-Emsloher Becken (plastischer und teils feuerfester). Bei Holdenstädt, Kelbra (plastischer). Bornstädt (feuerfester), Querfurt (plastischer und weißer). Bei Asendorf (plastischer). Zwischen Bennstädt und Lieskau (plastischer und feuerfester). Oehles (feuerfester). Bei Aue (blauer, plastischer). Schmärdorf unweit Stössen, Runthal (plastischer). Aschersleben (weißer). Hornhausen (sehr fetter). Oschersleben (fetter). Hamersleben. Bei Bitterfeld (feuerfester). Lissen bei Osterfeld (feuerfester). Salzmünde, Lettin und Wettin (feuerfester). Bei Mochau (feuerfester).

Provinz Schlesien.

In Niederschlesien Ullersdorf bei Naumburg a. Queis; Tschirne, Siegersdorf, Giersdorf, Tillendorf usw. im Kreise Bunzlau (Tonzentrum für weiße plastische und feuerfeste Tone). In Mittelschlesien kann als Tonzentrum gelten Saarau bei Striegau und in Oberschlesien Comprachtschütz bei Oppeln, Ruda usw. Ferner Laasan im Kreise Grünberg. Poppelwitz und Wirschkowitz im Kreise Nimptsch (Töpferton). Blumenthal bei Neisse (plastischer) und in

---

1) Die Tonindustrie ist hier Dank dem vielen guten Ton und der Nähe der böhmischen Braunkohlen, der Zeitzer Braunkohlenindustrie und der einheimischen Steinkohle, recht bedeutend. Bereits heute hat sich die Keramindustrie dort verdoppelt. Auf der Ausstellung 1881 in Halle, welche das Königreich und die Provinz Sachsen umfaßte waren aus diesem Bezirke 75 keramische Aussteller vertreten. Tonind.-Ztg. 1881, No. 30.

Oberschlesien Goczalkowitz (plastischer). Noch sind bekannt die feuerfesten Tone von Poremba, Cziatkowitz, von Ingramsdorf bei Schweidnitz, von Breslau, Bielschowitz, Kattowitz und Halenze (Steinkohlenton) und in Mikultschütz und Bobrek bei Beuthen, Nackel und Glinitz bei Tarnowitz, Zedlitz bei Gleiwitz, die Tone von Größ-Stein bei Groß-Strelitz (für Hochöfen), Comprachtschütz bei Oppeln und bei Brieg.

Der Steinkohlenformation angehörig wird zu feuerfesten Zwecken verwendet der Ton von Ruda, Poremba, Cziatkowitz bei Beuthen und in Polen der von Mirow an der Weichsel, Grojece und Czielze.

Schiefertone aus derselben Formation, unmittelbar mit der Kohle vorkommend, finden sich wie in England in einzelnen schmalen und mächtigeren, aber alsdann unreineren Flötzen im produktiven Kohlengebirge an der Saar bei Saarbrücken, desgleichen in Niederschlesien bei Waldenburg, die berühmten Schiefertone von Neurode, wie in Sachsen im Plauenschen Grunde, und in Böhmen bei Kladno das bekannte Vorkommen des Rakonitzer Schiefertones.

Schleswig-Holstein.

Auf der Insel Sylt (feuerfester).

Österreich.

Böhmen. Die in Böhmen sich erstreckenden Braunkohlenbildungen weisen an sehr vielen Punkten plastische Tone auf, z. B. im Egerer Becken der feuerfeste Ton von Wildstein, Kocin, Ribnitz, Zebnitz, Ziehlitz; im Falkenau-Karlsbader Becken am Beckenrande bei Neugrün, Robesgrün, Josephgrün bei Wald (Töpferton), in der Haberspirker Kohlenmulde. Feuerfeste, schieferige Tone in der Gegend von Elbogen und Karlsbad. In dem Saaz-Aussiger Becken, besonders in den unteren Schichten, so bei Leitmeritz, Bilin (von großer Mächtigkeit), zwischen Kosten und Mariaschein. Nächst Flöhau und Zürau im Goldbachtale, bei Podiebrad und Skyrl im Aussigbachtale usw. (weiße und feuerfeste Tone), letztere zur Kreide gehörig. Bei Briesen, Preschen, unweit Bilin (feuerfester). Im Budweiser Becken bei Strakonitz (plastischer, teils feuerfester) und Neuhaus. Ferner bei Theuberg. Kuchelbad bei Mezoun (Kreideformation) und anderen Punkten bei Prag und in der Herrschaft Wittingau (Tertiärformation).

Im Salzburgischen bei Wildshut unfern Laufen (feuerfester).

In Nieder-Österreich Ober-Fucha und in Tiefen-Fucha (feuerfester[1]), im Bezirk Mautern (Neogenformation), bekannt unter dem Namen Göttweiger Ton. Krummnußbaum (Tertiärformation).

In Süd-Steiermark in der Braunkohlenablagerung an verschiedenen Punkten (feuerfester). In der Voitsberg-Köflacher Hauptmulde, wie in den beiden Mittendorfer Mulden (feuerfester). [Bei Tüchern, Pulsgau an der Ostseite des Bacher (feuerfester)].

In Krain bei Sagor (feuerfester); bei Kissouz unweit Lockach als Zwischenmittel der Braunkohlenflötze (feuerfester); bei Na-Kametz nächst Ratschach und im Moräutschertal (feuerfester).

In Kärnten bei Prevali (feuerfester).

In Unterkärnten Penken (feuerfester); von St. Paul im Görtschitz-

1) D. Verf. Eingehende Untersuchung, Februar 1887.



tale (feuerfester); im Hangenden der Lignite und Braunkohlen von Dachberg (Hafnerton) und Liescha (feuerfester).

In Mähren bei Blansko an verschiedenen Punkten, Johnsdorf bei Krönau, Müglitz (Braunkohlenformation) und Brenditz Bez. Znaim, namentlich Lettowitz oder Briesen und Korbel-Lhotta [1]).

In Ungarn von Bozan bei Rußkberg (feuerfester). Im Tolnaer Komitate im Groß-Manyoker Stollen Pfeiffenton. Im Ödenburger Komitate bei Maltersdorf (weißer Ton zur Steingutfabrikation); im Eisenburger Komitate bei Gems, im Baranyer Kom. bei Fünfkirchen, Banlak südlich von Temesvar (mächtiges Lager feuerfesten Tons), sowie im Gebirge bei Varaslöd und Pápa im Vesprimer Komitate und daselbst zu Zerend (Porzellanton).

Dänemark.

Insel Bornholm in der Kohlenmulde bei Karodde, Onsbäck und bei Wäldensby und Lösaa (feuerfester).

Auf den Farörinseln, Braunkohle einschliessend.

Rußland.

Feuerfester Ton wird ausgebeutet in den Kreisen Bachmut, Werchnednjeprowsk, Jekaterinoslaw und Pawlograd [2]). Im Kreis Gluchow sowie am Ufer des Dnjepr nach Glasenapp. Ferner die feuerfesten Braun- und Steinkohlentone am Ural im Kreis Werchoturg, dann die Tone des zentralrussischen Steinkohlenbeckens im Gouv. Nowgorod. Die Tone gehören sämtlich der unteren Steinkohlenformation an, sie wechsellagern mit Sand, Sandstein und Kohle, die unteren Schichten sind die reinsten. Auf dem rechten Ufer der Usta in der Nähe des Dorfes Shdany liegt unter der Kohle ein hellgrauer fetter Ton von mehr als 2 m Mächtigkeit. Im Gouv. Moskau bei dem Dorfe Gschely altbekannte ff. Tone. Im Gouv. Tula (weißer ff. Ton) und im Gouv. Rjasan. Im Wladimirschen in den Kreisen Pokrow, Malenkow und Ssudogobst. Im Donezbassin im Zentrum des Kalmins-Torezkischen Kohlenlagers. Töpfer-Ztg. 1890, No. 52.

Schweden.

In den Kohlenflötzen, die sich hinziehen von Höganäs bis Wallakra und im untersten Jura-Sandstein liegen, findet sich im Liegenden 2 m mächtiger, schwarzer, feuerfester Ton (Schieferton).

Großbritannien.

In Devonshire in den Tertiärschichten von Bowey-Tracey bei Torquay unter Geschiebeschichten (Töpferton).

Im nördlichen Schottland an der Mündung des Broraflusses im Brorakohlenfeld feuerfeste Tone in einer Mächtigkeit von 30 m.

In der Kreideformation der Folkstone- und Yorkshireton; in der Juraformation der Oxford-Bradford- und Kinoneridgeton.

Ferner feuerfeste Tone häufig in der Steinkohlenformation in England und Schottland bei Garnkirk unweit Glasgow, zwischen den Flötzen bei Gartsherrik, ferner bei Cowen, Wales, Derby, Stourbridge, Starmington, Newcastle, Tamworth und anderwärts.

---

1) Man s. näheres unter Normaltone (Ton von Briesen).
2) Tonind.-Ztg. 1890, No. 21.



Belgien.

In der Braunkohle nicht führenden Tertiärformation von Andenne unweit Namur, die bekannten, in allen Varietäten, vornehmlich in 5 Mulden von Navelin, Strud-Maiseroul (mit dem besten, bindendsten und strengflüssigsten Tone), Ohey-Matagne und Filee, Tahier und Sorée und von Schaltin vorkommenden feuerfesten Tone. Ferner Antragues bei Jemappes.

Frankreich.

Im Pariser Becken; im Dép. de la Marne, im Bernon-Gebirge (plastischer Ton, Braunkohle einschliessend). Feuerfester Ton bei Bolléne oder Noyères[1]).

Italien.

Bei Tatti und am Monte Massi die Braunkohle begleitend; ebenso in Val d' Arno.

Amerika.

Im Staate New-Jersey bedeutende Lager feuerfester Tone in der Grafschaft Middlesex nahe den Orten Woodbridge, North-Amboy und South-Amboy, welche das Material für die meisten Schamotte- und Steingutfabriken der östlichen Staaten der Union liefern[2]). Nach den Ausstellungsberichten über die Weltausstellung in Chicago (Töpfer- u. Ziegler-Ztg. 1893, No. 40) sind bekannt die Missouri-, Pennsylvania- und Ohio-Tone[3]). Auch findet sich ff. Ton in Colorado, in Missouri, in der Nähe von St. Louis (einer der besten ff. Tone). Auf der Chicagoer Ausstellung waren aus dem Staate Indiana 47 Tone nebst Analysen vertreten. Ferner fanden sich daselbst eine große Anzahl feuerfester Tone nebst Analysen aus den Staaten Kentucky, West-Virginia und teilweise New-Jersey. (Tonind.-Ztg. 1893, No. 33.)

Natürliche feuerfeste Gesteine.

Der Vollständigkeit halber müssen hier auch noch die natürlichen feuerfesten Materialien erwähnt werden, welche zuweilen, namentlich in früheren Zeiten, bei dem Bau der Öfen für metallurgische Zwecke ihrer Größe wegen, oder auch aus alter Gewohnheit den aus feuerfestem Ton gefertigten Kunststeinen vorgezogen werden; sie kommen gleichfalls in allen Formationen vor. Hinsichtlich leichteren Zerspringens oder rissigern Brennens, stehen sie den meist billigeren Kunststeinen nach und bedürfen in der Regel einer sorgfältigen Behandlung. Bei Verwendung geschichteter Steine hat man darauf zu sehen, daß nicht die Lagerseite, sondern die Kopfseite der Schichten gegen das Feuer gerichtet werde, weil sonst die Steine abblättern.

---

1) Das Lager ist bemerkenswert wegen Auftretens brennbarer Gase im unterirdischen Abbau, eine Erscheinung, die, wenn auch selten in Tongruben vokommend, doch nicht einzig dasteht. Leipz. Töpfer-Ztg. 1896, No. 4.

2) Man vergl. Smock, Report on clays in New-Jersey, 1878 (sehr umfangreich).

3) Was die feuerfeste Industrie in Amerika angeht, ist nach derselben Quelle Pittsburg Pa. ein Mittelpunkt der Industrie feuerfester Tonwaren. Eine der größten feuerfesten Fabriken in Pittsburg sind die Star Fire Brick Works von Harbison & Walcker. Nach J. von Bück (Leitm. C. A. 1893, No 23) ist überhaupt die keram. Industrie in N.-Amerika auf gewisse Staaten beschränkt, wozu namentlich die östlichen und südöstlichen sowie die südwestlichen gehören.

Wegen ihrer, wenn auch nicht größten Schwerschmelzbarkeit sind bekannt, die quarzigen, feinschiefrigen Talkschiefer im Gneiß von Crummendorf im Kreise Strehlen (Reg.-Bez. Breslau), ferner wird besonders geschätzt der Quarzschiefer (Faserquarz) daselbst. Sandstein aus dem untern Devon von Urbar bei Koblenz, von Müsen und Würgendorf im Kreise Siegen, Sandstein aus dem mittleren Devon oder Lenneschiefer von Marienberghausen bei Nümbrecht im Kreise Gummersbach (Reg.-Bez. Köln), von Griesemert im Kreise Olpe (Reg.-Bez. Arnsberg), Sandstein aus dem Flötzleeren in Eppinghofen bei Mühlheim, sowie Kohlensandstein bei Dahlhausen, beide Orte an der Ruhr, feinkörniger Sandstein aus den Brüchen von Obernkirchen bei Bückeburg, aus dem obern Kohlengebirge, Stennweiler, Schiffweiler, Wemmetzweiler im Kreise Ottweiler; Steinkohlensandstein von Stollberg bei Aachen und der von Dortmund, welcher erstere 96,3—98,6 Proz. Kieselsäure und letzterer 88 Proz. Kieselsäure, 8 Proz. eisenhaltige Tonerde und 4 Proz. Mangan, Kalk, Magnesia und Kohle enthält; aus dem Rotliegenden vom Kornberge bei Rotterode im Kreise Schmalkalden, von Vilbel im Großherzogtum Hessen. Als kieseliges feuerfestes Zusatzmittel werden in steigendem Verbrauch die Quarzite benutzt. Einen neueren, sehr reichen und geschätzten Fund bildet mit einem Kieselsäuregehalt von ca. 96 Proz. das Quarzitlager am „obersten Vogelsang" im Bergischen. Töpf.-Ztg. 1880, No. 7. Ein bedeutendes Vorkommen bilden die karpathischen Süßwasserquarzlager, worauf zu keramischen Zwecken von F. Zoll hingewiesen wird. Sprechsaal 1880, S. 331. (Ferner Quarzit bei Linz und an der Sieg, bei Ahl a. d. Lahn mit einem Kieselsäuregehalt von 97,85 Proz.

Der Keuper liefert feuerfeste Sandsteine in Würtemberg bei Eßlingen und Heilbronn, der Neokom oder Hils bei Buke und Schwanei im Kreise Paderborn (Reg.-Bez. Minden) bei Beckerode im Hannoverschen, das oligozäne Trachytkonglomerat bei Königswinter im Siebengebirge (cf. Lepsius a. a. O.). In Thüringen dienen die Kaolinsandsteine von Steinhaide zur Anlage von Hochofengestellen. Auch im Oberharze sind für denselben Zweck Sandsteine vielfach in Anwendung. Ferner wird der Sandstein in der sächsischen Schweiz, so von der Bastei, zu feuerfesten Zwecken benutzt.

In Schlesien, Althammer, dient ein Quarzkonglomerat als Gestell- und Schachtstein. Bekannt ist der oben erwähnte Crummendorfer Quarzschiefer, welcher außerordentlich gleichartig und in sehr großen, regelmäßigen Stücken zu beziehen ist von der Firma Vereinigte Crummendorfer Quarzschieferbrüche (Lange, Lux und Ölsner) in Riegersdorf. Anzuführen ist der Sandstein von Unter-Lotha in Mähren, in Steiermark, Sandstein aus der alpinen Trias von Turrah. Zu Vordernberg toniger Sandstein.

In Ungarn werden als Gestellsteine angewendet Miszbanger, Firizcer und Schemnitzer Sandsteine und ein Grauwackensandstein von Rhonitz.

In Galizien Quarzkonglomerat von Ulstrone.

Puddingstein von Huy in Belgien, sehr hart aus Quarzgeschieben und Breccien bestehend, die durch ein kieseliges Bindemittel verkittet sind, dient in Gestalt großer Blöcke zu Hochofengestellen.

Als vorzüglich und feuerbeständig gelten die Sandsteine aus der Silurformation, deren man sich bei den Eisenhütten im südlichen Schweden bedient.

ZWEITES KAPITEL.

Zusammensetzung der Tone

und pyrometrisches Verhalten der einzelnen Bestandteile. Der neubearbeitete Feuerfestigkeitsquotient.

Tonerde (Aluminiumoxyd), Eigenschaften und pyrometrisches Verhalten. — Von den Hauptbestandteilen aller Tone, der Tonerde und der Kieselsäure, wird die Tonerde bei den natürlichen Tonen in der Regel in relativ geringerer Menge gefunden.

Die Tonerde kommt rein (kristallisiert als Korund) und unreiner (eisen- und kieselsäurehaltig) als Schmirgel in der Natur vor, gefärbt als Rupin und Saphir.[1]) Über das färbende Prinzip bei diesen und anderen Edelsteinen sind noch keine abgeschlossenen Erklärungen vorhanden — neuerdings sind Untersuchungen von Weinschenk, Ztschr. f. Kristallogr. veröffentlicht worden.

Sie stellt frisch gefällt, als Aluminiumhydrat oder Aluminiumhydroxyd ($Al_2O_3 3H_2O$, $103 + 54 = 157$) einen gallertartigen Niederschlag dar, der wie oben bei den charakteristischen Kennzeichen bemerkt, Wasser, Öl, Farbstoffe[2]), wie Salze und Luftarten begierig zurückhält und beim Trocknen wie Glühen bedeutend schwindet.

Die gallertartige Tonerde schwindet ca. 92 Proz., die bei 100° C getrocknete 32,23 Proz. (bei einem Glühverluste von 31,46 Proz.) und die bei 200° getrocknete 25,05 Proz.[3]) Sie schwindet mehr als die Kieselsäure und zeigt dabei Risse. Dieses Schwinden ist nicht einzig und allein von der Höhe der Temperatur abhängig.

Die wasserhaltige Tonerde hält das Hydratwasser mit chemischer Energie zurück und läßt dasselbe stufenweise mit der Steigerung der Temperatur, die bedeutend sein muß zur völligen Austreibung, fahren. Die Tonerde verliert dabei die Fähigkeit Wasser, bis auf unbedeutende Mengen, aufzunehmen.[4]) Frisch gefälltes Aluminiumhydrat, welches in Aluminiumchloridlösung leicht

---

1) Über künstliche Darstellung des Korundes, Rubins usw. siehe Töpfer-Ztg. 1878, No. 18.

2) Nach Mitteilung aus der Tonerdefabrik Giulini in Ludwigshafen enthält alle im Handel vorkommende Tonerde Spuren von Chrom, Titan, Vanadin und Mangan.

3) cf. d. Verf. die Schwindung der Tonerde und das Wedgwoodsche Pyrometer. Notizbl. 1886, H. 1.

4) Nach Versuchen des Verfassers hatte Tonerde, welche sehr heftig bis zur annähernden Platin-Schmelzhitze geglüht, hierauf feinst zerrieben und dann drei

löslich ist, läßt im Dialysator das Aluminiumchlorid diffundieren und man erhält schließlich eine wässerige Lösung von Aluminiumhydrat.[1])

Anzuführen ist noch, daß die Tonerde selbst in der Weißglut weder durch Kohle noch durch Wasserstoffgas reduziert wird. Ferner besitzt dieselbe die technisch wichtige Eigenschaft, sowohl als Base, wie auch als Säure aufzutreten; als feuerbeständige Säure vermag sie bei hoher Temperatur andere flüchtige Säuren auszutreiben.

Das spezifische Gewicht von 3,75 der schwach geglühten Tonerde erhöht sich im Porzellanofen auf 3,9, beim Korund ist es = 4.

Auf Platinblech mit salpetersaurem Kobaltoxydul befeuchtet und dann geglüht, färbt sich die Tonerde, wie oben gesagt, blau. Sie ist löslich sowohl in der Lauge der fixen Alkalien, als auch in Säuren, verliert aber durch anhaltendes Kochen und noch mehr durch heftiges Glühen an Leichtlöslichkeit.

Bei einem Hitzegrade, der den Schmelzpunkt des Schmiedeeisens erreicht: verhält sich die chemisch reine Tonerde (Tonerdehydrat) äußerlich ohne Zeichen einer Schmelzung (keine Glasur, kein Schmelz oder Glanz ist zu bemerken), auch nicht an den Kanten. Die Masse erscheint aber beträchtlich geschwunden, hat sich verdichtet und ist fest und hart geworden mit etwas porzellanähnlichem Bruche. Findet das Erhitzen rasch statt, so brennt sich die Tonerde rissig unter Krummziehen.

Setzt man dieselbe bereits geglühte, also entwässerte und pulverisierte Tonerde einem noch höhern Hitzegrade aus bis zur Temperatur, in der in einer Tonerdekapsel beigefügte Platinschnitzel zu einer Kugel zusammengeschmolzen, so zeigt sie im Wesentlichen ein gleiches Verhalten und läßt sich auch alsdann kein Hautüberzug geschweige ein Abschmelzen wahrnehmen. Die Probe erscheint jedoch wie mit Öl getränkt und brennt sich nun auch bei raschem Erhitzen nicht mehr rissig.

Wird die Prüfung statt mit gefälltem Tonerdehydrat mit vollkommen gereinigter Kryolithtonerde, wie sie bei der Herstellung von Soda aus dem Kryolith abfällt, ausgeführt, und letztere der bezeichneten völligen Platinschmelzhitze (P. S.) ausgesetzt, so machen sich nicht allein keine Anzeichen von Schmelzung geltend, sondern trotz der heftigsten Glühung ist die rein weiße Masse merklich weniger geschwunden und hat noch ein mattes, körniges Ansehen. Die so heftig gebrannte Masse ist mit dem Messer noch ritzbar und läßt sich ohne größere Mühe zu Pulver zerdrücken. Die Probe erscheint völlig kantig und zeigt nicht irgend welche Hautbildung. Die vorher entwässerte, lockere Kryolithtonerde verhält sich in konstatierter Platinschmelzhitze noch erdig. Der Bruch ist kaum verdichtet und noch saugend[2]), während das

---

Jahre lang unter Wasser aufbewahrt worden, nur 0,109 Proz. chemisch gebundenes Wasser aufgenommen. Die heftigst geglühte Tonerde bindet daher Wasser in sehr unbedeutender Menge.

1) Das Aluminiumhydrat findet sich im kristallinischen Zustande als Hydrargyllit sowie im Diaspor und im unreinen Zustande als Bauxit. Bei gelindem Glühen gibt dasselbe eine lockere, zart anzufühlende Masse, bei heftiger Glühhitze harte und dicht zusammengebackene, in Säuren unlösliche Stückchen, welche zerrieben ein schneeweißes Pulver liefern. Vor dem Knallgasgebläse schmilzt die Tonerde dünn, flach zerlaufend oder zu einer farblosen, durchsichtigen Kugel, welche beim Erkalten nicht selten kristallinisches Gefüge annimmt und undurchsichtig wird.

2) Nach Versuchen von Moissan, welcher mittels des elektrischen Stromes in einer tiegelartigen und mit Kohle ausgefütterten Vertiefung innerhalb zweier

stark schwindende Tonerdehydrat sich in derselben Temperatur zur porzellanähnlichen Masse verdichtet und so einigermaßen erweicht erscheint.

Wird das Tonerdehydrat vorher stark geglüht und dann pulverisiert, so verhält es sich in Platinschmelzhitze feuerbeständiger, doch immerhin weniger, als die Kryolithtonerde.

Eine Probe, ein Splitter edler Korund, Schmiedeeisenschmelzhitze ausgesetzt, ist dunkler von Farbe geworden, läßt aber sonst keine Veränderung oder irgend welche Merkmale von Schmelzung erkennen. Ebenso verhält sich ein Korundsplitter in völliger Platinschmelzhitze, ja nach dieser heftigsten Erhitzung zeigt die aus pulverisiertem Korund geformte Probe noch einen erdigen, anhaftenden Bruch.

Was die Volumenänderung der Tonerde beim Erhitzen angeht, so schwindet, wie gesagt, die wasserhaltige sehr bedeutend. Die absolut wasserfreie Tonerde schwindet nicht mehr.

Ein eigentümliches Verhalten zeigt das durch Glühen größtenteils entwässerte Tonerdehydrat. Wird dasselbe nicht in Pulverform sondern in Stückchen beträchtlich über 1000 erhitzt, alsdann allerfeinst zerrieben, so läßt sich die mit Wasser angemachte Masse formen, und treten dabei Erscheinungen auf, welche eine gewisse Ähnlichkeit mit dem Erhärten des entwässerten Gipses oder auch dem Binden und sogenannten Abbinden des hydraulischen Zements haben.

Die geglühte und mit Wasser reichlich versetzte Masse streicht sich schleimig, fadenziehend, gerinnt hierauf, Konsistenz annehmend und tauchen darin festere Inselchen auf.

Mit dieser letzteren Erscheinung tritt dann auch alsbald ein gewisses Festwerden ein, wobei die Masse ein sandiges Gefüge annimmt. Will man daher aus dem bezeichneten angemachten Tonerdepulver Proben oder Stäbchen formen, so muß dies sofort in dem Moment geschehen, sobald sich die erwähnten Inselchen bemerkbar machen. Wird alsdann aus dem eben steif werdenden Brei eine Kugel geformt, so gelingt es, diese ohne Risse zu einem kontinuierlichen, zusammenhängenden und selbst längeren Zylinder auszurollen.

Die unter den beschriebenen Erscheinungen und maßgebenden Anhaltspunkten sich ergebende genügende Plastizität des geglühten, feinst zerriebenen und hierauf angemachten Tonerdepulvers ist außerdem von der zu dem Austreiben des Konstitutionswassers angewandten Temperatur abhängig, welche bis zu einem schon hohen Grade gehen kann, doch nicht so weit steigen darf, daß alles gebundene Wasser entweicht, womit der schleimige oder kolloidale Zustand der Tonerde überhaupt verschwindet und gewissermaßen ein Totbrennen eintritt. Ist andererseits die Erhitzung eine zu geringe, so verhält sich die außerordentlich voluminöse Masse zu schmierig und daher unformbar.

Das innerhalb enger Grenzen sich bewegende Zutreffen der unter bestimmten Umständen eintretenden plastischen Formbarkeit der entwässerten

---

auf einander gelegten Ätzkalkziegel eine bedeutend höhere Temperatur hervorbrachte als die bisher durch Verbrennung bewirkte, schmilzt reine Tonerde in einer Temperatur von zirka 2250° C mit Leichtigkeit und kristallisiert dann. Erreicht der Lichtbogen 75 A. und 25 V., so fand bei einer Versuchsdauer von 20 Minuten nicht nur Schmelzung, sondern völlige Verflüchtigung der Tonerde statt. Wie weit die Berührung mit Kohle und selbst möglicherweise mit Kalk dabei mitgespielt hat, muß unentschieden bleiben! (Tonind.-Ztg. 1893, No. 16.)



Tonerde liegt bei annähernder Gußstahlschmelzhitze oder wird in dem bekannten Devilleschen Gebläseofen nach dem ersten Durchschlagen der Flamme als Anfangszeit gerechnet in 12 1/2 Minuten erreicht. Der Verf. Töpf.-Ztg., Okt. 1898.

Kieselsäure, Eigenschaften und pyrometrisches Verhalten. — Die Kieselsäure SiO_2 28+32 = 60, diese weiße, sehr leichte, sich rauh anfühlende und geschmack- wie geruchlose, überhaupt in hohem Grade unveränderliche Substanz ist nach vorhergegangener scharfer Austrocknung, in Säuren (mit Ausnahme der Flußsäure, die sie vollständig auflöst) wie im Wasser unlöslich [1]; dagegen löst sie sich in den Laugen der reinen und kohlensauren fixen Alkalien. Sie schmilzt erst in sehr hohen Hitzegraden zu einem Glase. Im Knallgasgebläse schmilzt die Kieselsäure steif, gallertartig oder zu einer aufgeblähten Kugel.

Wir kennen die Kieselsäure im hydratischen, meist gallertartigem Zustande mit verschiedenem Wassergehalt, je nach den Umständen der Entstehung, oder in der amorphen Modifikation mit dem spezifischen Gewichte 2,2 bis 2,3 oder als kristallisierte oder kristallinische Kieselsäure im Quarz oder Sand usw. mit dem spezifischen Gewicht von 2,6. Mit dem Glühen, sowie auch Schmelzen dehnt sich die Kieselsäure unter der bez. Verminderung des spezifischen Gewichts dauernd aus — eine Eigenschaft, welche der Kieselsäure eigentümlich zukommt.

Alle die verschiedenen wasserhaltigen Kieselsäuren gehen beim Glühen in die wasserfreie (Kieselsäureanhydrid) über. Keine andere Säure bietet so zahlreiche Modifikationen dar, als die Kieselsäure. Die geglühte amorphe Kieselsäure nimmt an der Luft begierig Wasser auf und hält es bei 100—150° fest zurück.

Von E. Cramer (Tonind.-Ztg. 1892, No. 32) wird nach bemerkenswerten Glühversuchen angegeben, daß die Kieselsäure in sehr hoher Temperatur völlig flüchtig sei. [2]) Anscheinend wurde dieselbe Beobachtung auch von H. Moissan (Compt. rend. 1893) gemacht. Derselbe wandte indeß bei seinen bereits vorstehend bei der Tonerde erwähnten Versuchen ebenfalls einen Kohlentiegel an. Ob nun hier die Kohle die Verflüchtigung bewirkt oder etwa auch von der Magnesia aufgenommenes und beim Glühen entwichenes Wasser oder deren Verstäubung eine Rolle mitgespielt, wäre noch festzustellen. In einem Strom von 1000 Ampère verflüchtigen sich nach Moissan Kalk wie Magnesia und zwar letztere leichter als ersterer.

Die Kieselsäure wird nicht nur im Mineralreich gefunden, sondern auch im Pflanzenreich, im Stroh, Bambus, spanischen Rohr, Schachtelhalm usw. wie im Tierreich in den Panzern der Diatomazeen und in den Skeletten von Infu-

1) Die feuchte gallertartige Kieselsäure ist in Wasser, wie Salzsäure etwas löslich. Die durch Dialyse erhaltene wässerige Lösung der Kieselsäure rötet Lakmuspapier.

2) Es ist hierbei nicht zu übersehen, daß das Glühen in einem Kohlentiegel geschah und das Futter des Ofens aus Magnesit bestand. In starker Glühhitze wirkt die Kohle reduzierend auf die Kieselsäure und entweicht Silizium, wie Boussingault, Comptes rendus 1876, S. 591, ermittelte. Bekannt ist, daß die Kieselsäure im Wasserdampf sich verstäubt. Ferner fand Moissan, daß die Reduktion der Kieselsäure durch Kohle im elektrischen Ofen bei Anwendung von Strömen von 1000 Ampére und 50 Volt leicht herbeigeführt wird, wobei sich in einer geschlossenen Röhre Siliziumkohlenstoff und weiterhin Siliziumkristalle abscheiden. (Tonind.-Ztg. 1896, No. 2.)

sorien. Als Mineral findet sie sich in drei verschiedenen Formen: Als Quarz, Tridymit und amorphe Kieselsäure. Der Quarz ist die Hauptform, in welcher die Kieselsäure vorkommt. Derselbe kristallisiert im hexagonalen System und hat das spezifische Gewicht 2,6, die Härte 7. Die reinste Art ist der Bergkristall, welcher farblos und durchscheinend ist. Im kristallinisch körnigen Zustande tritt der Quarz in mächtigen Massen als Quarzfels auf und bildet einen Hauptbestandteil der Gebirgsarten Granit, Syenit und Gneiß.

In meist weniger reinem Zustande und mit sehr veränderter Form findet er sich im Quarzsand und Sandstein.

Der Tridymit kommt in verschiedenen Felsarten vor. Auch künstlich hat man den kristallisierten Quarz [1]) wie auch den Tridymit [2]) hergestellt.

In pyrometrischer Hinsicht zeigt in der oben genannten Schmelzhitze des Schmiedeeisens, die selbst etwas höher gehen kann, chemisch reine Kieselsäure oder vollkommen gereinigtes feines Quarzpulver, angefeuchtet und zu einer Probe geformt, weder im äußeren Ansehen, noch auf dem Bruche Kennzeichen einer Schmelzung. Der Bruch erscheint alsdann körnig und nicht durch Schmelz verkittet.

Die gefällte chemisch reine Kieselsäure, welche sich herstellen läßt durch Zusatz von Salzsäure zu einer Lösung von kieselsaurem Natrium und vollständiges Auswaschen des Chlornatriums, erweicht in Platinschmelzhitze zu einer äußerlich glänzenden, innen bläulich porzellanartigen, an den Kanten durchscheinenden Masse.

Ein ähnliches Verhältnis, wie zwischen der pulverförmigen Kryolithtonerde und dem Tonerdehydrat in bezug auf das porzellanähnliche Brennen des letzteren sich beobachten läßt, macht sich geltend zwischen dem natürlichen Quarzpulzer und dem gefällten Kieselsäurehydrat, welches letztere nämlich ebenso erhitzt früher eine Erweichung zeigt. Erst im gesteigerten Temperaturgrade, völliger Platinschmelzhitze, ist die chemisch reine Quarzprobe mit einem lebhaft glänzenden Schmelz überzogen und bildet eine glasartige, durchscheinende Masse mit weißlichem Kerne und bemerkbaren Rissen. Die Kanten haben sich ein wenig abgerundet, und auch die Bruchfläche zeigt Glasglanz.

Entschieden mehr schwerschmelzbar verhält sich in demselben erhöhten Hitzgrade der vorher pulverisierte [3]) wasserhelle Bergkristall. Andere natürliche Quarzarten zeigen den glasigen Überzug schon in dem bezeichneten geringeren Hitzgrade. So norwegischer Rosenquarz, welcher schon in Schmiedeeisenschmelzhitze völlig glasiert, und eine teils durchsichtige, teils milchweiß blasige Glasmasse bildet. Beim Amethyst schwimmen in der ziemlich durchsichtigen Masse vereinzelte weiße Flitter. Fast gleich verhalten sich der Chalcedon, Hornstein, Hyalith und Milchquarz; dagegen entschieden

---

1) Töpfer-Ztg. 1880, S. 345.

2) Tridymit ist nach den Untersuchungen von vom Rath (Pogg. Ann. 1868, S. 135 und 437) die beständige und normale Form der Kieselsäure bei hohen Temperaturen. In weiterem technischen Verfolge dieses Verhaltens sind daraufhin in England wie Deutschland Patente genommen worden zur Herstellung von beliebig geformten Blöcken aus Kieselsäure im Tridymitzustand.

3) Das Pulverisieren wird vorgenommen in einem Achatmörser, nachdem mit dem Hammer die in Papier eingewickelten Kristalle zu feinen Splittern zertrümmert sind. Geschieht das Pulverisieren im Stahlmörser, so verraten sich dabei aufgelöste Eisenteilchen nach dem Glühen durch mikroskopische schwarze Pünktchen, die in der bezeichneten glasigen Rinde schwimmen.

weniger strengflüssig ist die Infusorienerde auch wenn sie gereinigt ist[1]).

Die Kieselsäure ist also wesentlich leichter schmelzbar als die Tonerde und namentlich gilt dies von der reinen Kieselsäure in der strengflüssigsten Form gegenüber der reinen Kryolittonerde. Wird die Kieselsäure so stark geglüht, daß sie tropfenförmig zusammenschmilzt, so zeigt eine vergleichsweise mitgeglühte Tonerdeprobe nur erst eine Erweichung. Die desfalsige Prüfung verlangt zur bestimmten Entscheidung einen besonders hochgesteigerten Hitzegrad.

Über das Schmelzen des Quarzes sind interessante Experimente mit großem Erfolg von R. S. Hutton vom Owens College in Manchester ausgeführt worden. Für die Herstellung gewisser physikalischer Apparate ist Quarz dem Glas vorzuziehen, besonders für Apparate von sehr empfindlicher Natur, und für solche Apparate, die für Untersuchungen von Gas bei hoher Temperatur benutzt werden. Die Verwendung des Quarzes zu diesen Zwecken ist jedoch eine beschränkte, was auf die große Schwierigkeit des Schmelzens des Quarzes zurückzuführen ist. Bisher hat dazu ein Knallgasgebläse gedient, aber die Erfolge waren nicht genügend, da die dadurch erzeugte Hitze nicht viel höher war, als die der geschmolzenen Kieselsäure selber. Diese Tatsache führte Moissan und andere hervorragende französische Gelehrte dazu, zu versuchen, den gedachten Zweck mit Hilfe des elektrischen Ofens zu erreichen, aber ihre Versuche waren weniger erfolgreich, als erwartet worden war. Hutton jedoch war überzeugt, daß der elektrische Ofen das einzige Mittel sei, durch welches man Kieselsäure in geschmolzenen Zustand überführen könne, und setzte daraufhin seine Experimente in der von Moissan angegebenen Richtung fort, wobei interessante Einwirkungen des elektrischen Lichtbogens auf die Kieselsäure beobachtet wurden. Der bemerkenswerteste Vorzug, den geschmolzene Kieselsäure gegenüber dem Glas besitzt, ist, daß sie in kaltes Wasser gebracht werden kann, gleichgiltig, welche Temperatur sie haben mag, ohne zu springen.

Hutton verwendet zu seinen Versuchen den Ofen von Moissan, brachte jedoch nach eigenen Entwürfen einige Abänderungen an. Der Ofen besteht aus einem unteren mit einem Einschnitt versehenen Magnesiablock mit Vorrichtungen zur Aufnahme der Kohlenstifte, welche in rechten Winkeln zu dem Einschnitt im unteren Block angebracht waren, und einer oberen Deckplatte. Der Träger des Graphitkohlenstiftes (man verwendete Graphitkohle, weil dies Material absolut rein ist, so daß die geschmolzene Kieselsäure nicht durch Asche verunreinigt werden konnte) paßte in den Einschnitt. Der zu schmelzende Quarz wurde zerkleinert und auf den Kohlenstiftträger angebracht. Einen Strom von 300 Ampère und 50 Volt ließ man auf den Quarz einwirken, welcher in wenigen Sekunden geschmolzen war; der Träger wurde dann weiter hineingeschoben, so daß eine neue Menge der zerkleinerten Kieselsäure unter

1) Siehe näheres Dinglers Journal, Bd. 174, S. 140, über die Strengflüssigkeit der Quarzarten. Auch ist die gefällte (amorphe) Kieselsäure, wie sie z. B. bei Silikatanalysen nach dem Aufschliessen mit kohlensauren Alkalien erhalten wird, selbst auf das allersorgfältigste mit kochendem Wasser ausgewaschen weniger strengflüssig. Erst nach völligem Auskochen mit Salzsäure erscheint diese gefällte amorphe Kieselsäure als solche fast gleich schwerschmelzbar wie der Bergkristall. Nach Kosmann (Tonind.-Ztg. 1883, S. 305) ist der reinen Kieselsäure bezüglich ihrer hohen Schwerschmelzbarkeit als gleichwertig zu betrachten der Zirkon, aus 33,56 Proz. Kieselsäure und 56,43 Zirkonerde bestehend.

die Einwirkung des Lichtbogens gebracht werden konnte. Auf diese Weise gelang es Hutton, Stäbe und Röhren von 0,3 m Länge aus pulverisiertem Quarz herzustellen. Bei der Herstellung dicker Röhren aus Quarz verwendete Hutton eine Quarzform mit einem Kohlenkern, der an beiden Enden von Kohlen getragen bezw. gestützt wurde; der Kohlenkern hatte einen Durchmesser von 0,3 cm. Im Verlauf des Experimentes bemerkte Hutton, daß die Kieselsäure in unmittelbarer Nähe des Lichtbogens Neigung hatte, sich in Silizium zu verwandeln, aber der schwarze Fleck verschwand sofort wieder, als die Schmelze von der Mitte des Bogens entfernt wurde. Die Kieselsäure bleibt nicht an der Kohle hängen, wie wohl anzunehmen wäre, da sie gepulvert ist; sie läßt sich leicht von dem Kohlenkern und den Trägern entfernen. Es ist Hutton indessen bis jetzt noch nicht gelungen, Röhren, die frei von Blasen sind, herzustellen, aber er fand, daß die Röhren durch nochmaliges Erhitzen im Lichtbogen nach ihrer Herstellung bedeutend verbessert wurden. (Tonind.-Ztg. 1902, No. 104). (S. unten Heraeus, Glasgefäße aus Bergkrystall.)

Was schließlich die Volumenänderung der gefällten Kieselsäure beim Erhitzen angeht, so schwindet dieselbe weniger, als die Tonerde, zeigt aber mehr ein Reißen. Der Quarz wächst bekanntlich beim Glühen, was beim Quarzit weniger der Fall ist; während die Infusorienerde bei der Erhitzung schwindet. Weitere Angaben über die Kieselsäure in Gestalt von Quarz, Feuerstein, Hornstein, Sand usw. finden sich in Kapitel IV unter Abschnitt Versatzmittel.

Tonerde und Kieselsäure; pyrometrisches Verhalten. — Welches ist nun das pyrometrische Verhalten der beiden Bestandteile in Vereinigung mit einander, sei es, daß sie nur mechanisch im feinsten Zustande mit einander gemengt sind, oder daß sie wenigstens teilweise schon eine chemische Verbindung bilden.

Das Gesetz, daß, wenn zwei starre Körper sich vereinigen, die erhaltene Verbindung eine geringere Schmelztemperatur besitzt, als das Mittel aus den Schmelztemperaturen der beiden Bestandteile, trifft auch hier zu: die kieselsaure Tonerde ist leichter schmelzbar, als jeder der Komponenten für sich. Während zur Schmelzung der gefällten Kieselsäure mindestens Platinschmelzhitze und zu der der Kryolithtonerde ein noch höherer Temperaturgrad erforderlich ist, zeigt sich die Verbindung beider glasiert in annähernder Schmiedeeisenschmelzhitze.

Bei einem nur mechanischen Gemenge von Kieselsäure und Tonerde ist etwas längere oder eine höhere Erhitzung erforderlich, um die Schmelzung zuwege zu bringen, als bei der bereits bewirkten chemischen Verbindung.

Ferner schmilzt auch ein Gemenge von amorpher Kieselsäure mit Tonerde früher, als ein solches mit kristallisierter Kieselsäure.

Verhalten bei steigender oder verminderter Kieselsäure. — Mengt man reine Tonerde mit reiner Kieselsäure (Bergkristallpulver), und zwar 1 Gewichtsteil Tonerde mit 1, 2, 3 Teilen Kieselsäure und glüht diese Gemenge, so zeigt sich zunächst, daß das Polytonerdesilikat mit dem größeren Kieselsäure = respektive Quarzzusatz eine längere Zeit der Erhitzung bedarf, ehe die Silikatbildung stattfindet — sofern man darunter das Übergehen des pulverigen, losen Zustandes in den mehr festen, dichten, mit beginnendem glasigen Überzug versteht, — als das mit dem geringeren Kieselsäurezusatz, so daß man aus dem Grade der Verschmelzung, der Verdichtung oder aus der dazu erforderlichen Zeit, die Kieselungsstufe des Silikats erkennen kann. Dies tritt

deutlich hervor bis zu der Temperatur, welche die Silikatbildung bewirkt; wird aber die Temperatur höher gesteigert, so machen sich andere Verhältnisse geltend.

Wird nämlich die Prüfungshitze über den Schmelzpunkt des Gußstahls hinaus bis zu dem des Schmiedeeisens erhöht oder noch weiter gesteigert, so daß die Silikatbildung bereits eingetreten, so ist umgekehrt das gebildete Silikat ein mehr flüssiges, d. h. es scheint die Probe unverkennbar mehr glänzend, mehr glasiert, wenn die Kieselsäure vorwaltender ist.

Die erst zu bewirkende Bildung des Tonerdesilikats verlangt eine um so länger andauernde Erhitzung, je mehr Kieselsäure in die Verbindung eingehen soll.[1] Das Flüssigwerden des gebildeten Silikats, wozu überhaupt eine höhere Temperatur erforderlich ist, findet für die angegebenen Mischungen umgekehrt vollständiger statt bei vorherrschender oder vermehrter Kieselsäure.[2]

Steigt endlich der Kieselsäuregehalt soweit, daß ein bedeutender Überschuß vorhanden, der sich nicht mehr chemisch verbinden kann, so tritt alsdann die größere Schwerschmelzbarkeit dieses nicht gebundenen Einzelbestandteils hervor. Vermindert man hingegen die Menge der Kieselsäure und mischt zu derselben ein Vielfaches der Tonerde und setzt diese basischen Gemenge einem noch mehr über den Schmelzpunkt des Schmiedeeisens gesteigerten Hitzegrad aus, damit überhaupt Zeichen von Schmelzung sich bemerklich machen, so nimmt mit dem vermehrten Tonerdegehalt die größere Schwerschmelzbarkeit stetig zu. So ergeben die Versuche, wenn man Gemenge aus:

a) 1 Gewichtsteil Tonerde und 1 Gewichtsteil Kieselsäure
b) 1 " " " 2 " "
c) 1 " " " 3 " "

annähernder Platinschmelzhitze aussetzt, daß a) noch körnig und außen nicht glänzend, b) verdichtet und schwach glänzend, c) völlig emailliert, stark glänzend, und auch bruchglänzend, porzellanähnlich ist.

In demselben Hitzgrade erscheint

d) ein Gemenge aus 1 Gewichtsteil Tonerde und 6 Gewichtsteilen Kieselsäure — noch ohne Glanz.

In kontrollierter Platinschmelzhitze ist:

a) verdichtet, ölig, aber nicht glänzend; Bruch steinartig.

b) glänzend; Bruch steinzeugähnlich.

---

1) So lange die Kieselsäure noch nicht die chemische Verbindung eingegangen, welche um so langsamer eintritt, je gröber die Quarzteile sind, so lange erscheint und verhält sich das Gemenge um so feuer- oder formbeständiger, was auch die Praxis im Großen kennt und benutzt. Sie dient alsdann als festes Gerüste, sozusagen als Skelett. Ein auffälliges Beispiel hierfür bietet der Granit dar, der im natürlichen grobkörnigen Zustande wesentlich schwerer schmelzbar erscheint, als wenn man das Gestein vorher fein pulverisiert. Welchen bedeutenden und sehr beachtenswerten Einfluß so das physikalische Verhalten auf das pyrometrische auszuüben vermag, darüber vergleiche man ferner die Bemerkungen des Verf., Dinglers Journ. Bd. 200, S. 115—117. Die Prüfung von an Quarzkörnern reichen Tonen verlangt daher bei mehr als relativen Anforderungen entweder eine geringere, wenn auch schon hohe aber genügend andauernde oder bei kürzerer Dauer eine recht bedeutende Erhitzung.

2) Die Gemenge von Kieselsäure und Tonerde, in welchem erstere in zunehmenden Verhältnis, eignen sich daher als recht empfindliche Pyroskope.

c) stark glasiert, völlig eingehüllt von glasglänzendem Email; Bruch porzellanartig mit einzelnen Löchern, sehr hart.

In diesem erhöhten Hitzgrade erscheint

d) zerflossen tropfenförmig,

e) ein Gemenge von 1 Gewichtsteil Tonerde und 12 Gewichtsteilen Kieselsäure — wenn auch völlig emailliert, doch der Form nach erhalten.

Wiederholt man den Versuch mit den bereits geglühten und damit gebildeten chemischen Verbindungen, nachdem dieselben pulverisiert, neue Proben daraus geformt und dieselben kontrollierter Platinschmelzhitze unterworfen wurden, so ist:

a) ohne Glanz, ölig,

b) deutlich glasiert,

c) stark glasiert, völlig von einem lebhaft glasglänzenden Email umflossen.

Im Wesentlichen zeigt demnach der letzte Versuch durchaus dasselbe Resultat, nur treten die bezeichneten Erscheinungen noch mehr verschärft hervor.

Stellt man die Frage, welches saure Tonerdesilikat ist das leichtestschmelzbare, so läßt sich dieselbe nicht absolut, sondern nur beziehungsweise zu der angewandten Glühtemperatur beantworten. Unter verschiedenen sauren Gemischen erscheint z. B. das säurige (auf 1 Molekül Tonerde 4 Molekül Kieselsäure) in einer Temperatur von ca. 1700° bis 1750° C am schmelzbarsten, d. h. die Probe deformiert sich am stärksten, steigert man den Hitzegrad aber höher bis zu 1775° (Platinschmelzhitze), so erscheint die 5-atomige Probe schmelzbarer und mehr deformiert als die 4-atomige. Im allgemeinen ist bei diesen Schmelzbestimmungen zu bemerken, daß dieselben an Schärfe und Entschiedenheit zu wünschen übrig lassen.

Ferner wurden die Versuche angestellt mit:

f) dem basischen Gemenge nach der Formel ($2\,Al_2O_3$, SiO_2) oder auf 1 Teil Tonerde 1,311 Kieseläure,

g) dem zweidrittel Silikat, Durchschnittsverhältnis, in welchem nach Richters Tonerde und Kieselerde in den feuerfesten Tonen vorkommen, (Al_2O_3, $3SiO_2$), oder auf 1 Tonerde 1,748 Kieselsäure,

h) dem neutralen Gemenge (Al_2O_3, $3SiO_2$) oder auf 1 Tonerde 2,621 Kieselsäure,

i) dem sauren Gemenge (Al_2O_3, $9SiO_2$) oder auf 1 Tonerde 5,243 Kieselsäure.

k) Steigert man den Kieselsäuregehalt bis auf 17 Atome, so tritt damit nach Hecht ein Wendepunkt in der bis dahin abnehmenden Schmelzbarkeit ein. Hecht stellte den Versuch mit Grünstädter geschlämmten Kaolin und natürlichem Quarzsand an, also mit unreinen Materialien. Als Prüfungshitze wandte er einen hohen Hitzegrad an. Bei einer höher gesteigerten Temperatur ändert sich, wie einleuchtend, das Verhältnis, und ist alsdann ein größerer Zusatz für dieselbe Wirkung erforderlich.

Glüht man die Gemenge f bis i in kontrollierter Platinschmelzhitze, so zeigt sich:

f) verdichtet, ölig; Bruch steinzeugartig,

g) beginnt zu glasieren; Bruch steinzeugartig, glänzend, löcherig.

h) leise glasiert; Bruch steinzeugartig, glänzend, ohne Löcher,

i) stark glasiert (am meisten); Bruch steinzeugartig, glasglänzend, mehr löcherig. Für den angewendeten Hitzegrad ist das Gemenge i das dünnflüssigere.

Aus Vorstehendem ergibt sich, daß während die Kieselsäure in zur Silikatbildung hinreichend hohem Hitzegrade oder wenn deren Menge nicht allzusehr überwiegt, die Schmelzbarkeit des Gemenges aus Tonerde und Kieselsäure vermehrt, die Tonerde als Regel das Gegenteil bewirkt. Die hervorragende Menge der Tonerde ist daher maßgebend für die Schwerschmelzbarkeit der feuerfesten Tone, wodurch allein sonst schädliche Einflüsse, z. B. eine relativ größere Menge von Flußmitteln, paralysiert werden können.

Für bestimmte, aber die feuerfesten Tone nicht betreffende Fälle, kann eine Ausnahme stattfinden. So ist anzuführen ein unter besonderen Umständen sich ergebender entgegengesetzter Einfluß der Tonerde. An sich kleine oder gewöhnlich verhältnismäßig geringe Mengen Tonerde vermögen die Schmelzbarkeit eines Gemenges zu befördern oder die Bedingung für bestimmte Schmelzerscheinungen zu bilden. Ein solcher anscheinender Widerspruch findet indeß seine Erklärung in der stark sättigenden Wirksamkeit der Tonerde, welche, wie gesagt, sowohl als Basis wie als Säure auftreten kann und die Entstehung von Doppelverbindungen begünstigt. So lassen sich nach meinen Versuchen [1]) zwischen Tonerde und Kieselsäure Mischungen machen, bei denen mit der Zunahme der Tonerde die Schwerschmelzbarkeit abnimmt. Auch vermag die Tonerde in bestimmten Fällen nicht nur als kräftigeres Flußmittel wie die Magnesia, dieses bei den Tonen sonst stärksten Flußmittels, aufzutreten, sondern sie befördert auch die Schmelzbarkeit des Magnesiumsilikats. Mengt man 100 Teile feinstes Quarzpulver mit 1, 2 und 4 Teilen Tonerde und glüht die Gemenge stark, so zeigt das vierprozentige eher Zeichen der Schmelzung als das mit 2 Proz. und wieder das mit 2 Proz. eher, als das mit 1 Proz. Nimmt man in gleicher Weise statt Tonerde Magnesia und glüht beide Gemenge vergleichend in demselben hohen Hitzgrade, so erweichen die Tonerdeproben mehr und stärker als die Magnesiaproben. Mischt man den bezeichneten Magnesiaproben je 2 Proz. Tonerde zu und glüht die Gemenge, so erweichen die mit Tonerde versetzten mehr als die tonerdefreien.

Ähnliche Erscheinungen zeigen sandhaltige Tone bei Zusatz von wenigen Prozent Tonerde, namentlich wenn alsdann das Gemenge vor dem Glühen fein zerrieben wird. Auch kommt es vor, daß bei sehr ähnlich zusammengesetzten aber stark eisenhaltigen Tonen, der mit einem größeren Tonerdegehalte sich leichter schmelzbar verhält.

Ferner fand Seger bei seinen 15 Jahre späteren Versuchen (Tonind.-Ztg. 1886), ohne die älteren zu beachten, daß bei Herstellung seiner Normalkegel manche Mischungen mit Tonerde gegenüber tonerdefreien von derselben Zusammensetzung früher schmolzen. Auch beobachtete Seger, daß unter einer Reihe hergestellter Glasurmischungen die tonerdeärmsten oder alkalireichsten nicht die schmelzbarsten waren, woraus derselbe auf ein maßgebendes bestimmtes Verhältnis zwischen Tonerde und Flußmittel hinsichtlich des pyrometrischen Verhaltens glaubte schliessen zu dürfen (Tonind.-Ztg. 1881, No. 15). Ferner sind hier anzuführen die Kontrollversuche von Rud. Weber, durch die außer der Konstatierung des Resultats von Seger festgestellt wurde, daß ein Glassatz mit Tonerde leichter schmelzbar ist, als derselbe ohne Tonerde, sowie weiter noch, daß sich ein tonerdehaltiger Glassatz nicht so leicht ent-

---

1) Der Verf., Theoretische Wertbestimmung der feuerfesten Tone, 1871. Dinglers Journ., Bd. 200, S. 289.

glast als ein tonerdefreier, wenn sie auch die Entglasung nicht absolut verhindert. Hierbei ist schließlich als technisch wichtig zu bemerken, daß tonerdehaltigere, also mehr gesättigte Glassätze den Tiegel weniger angreifen. Auch befördert die Tonerdebeimengung bis zu einem gewissen Punkte den Fluß und begünstigt die Bearbeitung des Glases[1]).

In praktischer Beziehung ist hinsichtlich einer Aufbesserung der Tone mittels Tonerde, was hier nur kurz gesagt werden soll, zu bemerken, daß, wenn namentlich mittels künstlich dargestellter Tonerde die Schwerschmelzbarkeit der Tone erhöht werden soll, andere physikalische Umstände eine wichtige Rolle mitspielen, z. B. das rissige Brennen der Tonerde und insbesondere das Saugvermögen derselben, wodurch ein Eindringen der Ofenschlacke und damit eine stark vermehrte Angreifbarkeit herbeigeführt wird. Eine künstlich tonerdereich gemachte Masse trägt so gewissermaßen, je mehr die Tonerde darin vorherrscht, je nach den Umständen den Keim der Zerstörung in sich. Dazu kommen eine ganze Reihe bedingter technischer Schwierigkeiten, und eine überaus starke Schwindung der zu dieser „Verbesserung" gewöhnlich benützten Bauxite, die zudem meist sehr eisenoxydhaltig sind und andere gewichtige Bedenken mehr. Das der Tonerde in hohem Grade eigene gierige Einsaugen flüssiger Stoffe ist so im stande ihren günstigen Einfluß völlig aufzuheben und selbst umzukehren.

Anzuführen sind hier Segers interessante und wegen ihrer systematischen Durchführung Aufsehen machenden Schmelzversuche betreffend das Verhalten von Mischungen von 1 Atom Al_2O_3 : 1 bis 26 Atomen SiO_2 sowie vergleichsweise auch mit Tonerde, Chromit, Zettlitzer Kaolin und Bergkristall[2]). Als Anhalt zur Temperaturbestimmung bediente sich derselbe seiner bekannten Schmelzkegel und wurden die Glühungen in kleinen mit Tonerde ausgefütterten Magnesittiegeln im Devilleschen Gebläseofen unter Benutzung gepreßter Luft und Retortengraphit angestellt. Die Resultate wurden graphisch veranschaulicht mittels Koordinaten-Systems. Hierbei ergab sich und wurden folgende im allgemeinen bekannte Sätze bestätigt:

1. Daß die Tonerde schwerer schmelzbar ist als die Kieselsäure.

2. Daß die Schwerschmelzbarkeit des Gemenges zwischen Tonerde und Kieselsäure bis zu 17 Atomen Kieselsäure, wie auch von Hecht angegeben und vorstehend erwähnt worden ist, abnimmt. Dann aber mit dem bedeutenden Vorherrschen der Kieselsäure diese, wie von dem Verfasser bereits früher dargelegt wurde, die ihr für sich zukommende große Schwerschmelzbarkeit hervorkehrend, ein Wendepunkt eintritt oder die Schwerschmelzbarkeit mit dem übergroßen Kieselsäurezusatz wieder zunimmt.

3. Daß unter den von Seger versuchten Gemengen das von 1 Al_2O_3 : 2 SiO_2 das am meisten schwerschmelzbare ist, welches gleich dem Rakonitzer Schieferton (Kegel 36), als dem von Seger gewählten Repräsentanten der feuerfestesten Verbindung unter den natürlichen Tonen, sich noch ungeschmolzen erhält.

Mehr basische Verbindungen stehen höher und ist bei stärker gesteigerter Temperatur die von 1 Al_2O_3 : 1 SiO_2 erheblich schwerer schmelzbar als die von 1 Al_2O_3 : 2 SiO_2. Auch gibt es höherstehende Schiefertonvarietäten.

---

1) Weber, Vortrag in den Verhandlungen zur Beförderung des Gewerbfleisses vom 3. Juni 1889.

2) Seger, Über die chemische und mechanische Untersuchung der Tone und die Deutung der erhaltenen Resultate. Tonind.-Ztg. 1893, No. 14—17.

4. **Daß der Bergkristall eher geschmolzen sei als der Rakonitzer Schieferton.**

Dieser letzte Satz ist überraschend und würde damit das allgemeine Gesetz umgestoßen werden, daß die Verbindung zwischen Tonerde und Kieselsäure leichter schmelzbar als eine der Komponenten für sich ist, welches ebenso auffallende als zutreffendenfalls höchst wichtige Ergebnis den Verfasser veranlaßte den bezüglichen Versuch zu wiederholen.

Auf einer Tonscheibe aus bester Schiefertonmasse, die dem Rakonitzer Schieferton an Schwerschmelzbarkeit gleichsteht, wurden gebrannte Rakonitzer Schiefertonstückchen, sowie, um einem Zerspringen tunlichst vorzubeugen, ein bei 1500° C langsam vorgeglühtes größeres Bergkristallstück aufgestellt, erstere angeklebt mit der bezeichneten feinstzerriebenen Schiefertonmasse und letztere auf einer vertieften plattenförmigen Unterlage aus Bergkristall mit Hülfe zurecht geschliffener Bergkristallstäbchen festgeklemmt. Die Proben kamen alsdann in einen vornehmlich aus besonders zubereiteter Tonerde bestehenden Tiegel in dem vom Verfasser beschriebenen und immer mehr seinem Zwecke dienend, abgeänderten Devilleschen Gebläseofen zum heftigsten Glühen und zwar so stark, bis ein in einer Tonerdekapsel mit aller Vorsicht dicht eingeschlossener Platindraht zu einem duktilen Kügelchen geschmolzen war. Der Tiegel war allerdings bei dem Versuche etwas deformiert, doch erschien er noch durchaus geschlossen, Schlacke war nicht eingedrungen und befanden sich beim Öffnen des Tiegels die Proben noch unberührt von der Tiegeltonmasse an dem ihnen angewiesenen isolierten Platze. Der Rakonitzer Schieferton war geschmolzen, erschien abgeflossen und der Bruch löcherig blasig; dagegen war der Bergkristall **nicht geschmolzen**, und wies folgende Glüherscheinungen auf: das Bergkristallstück, soweit dasselbe nicht zersprungen war, zeigte treppenförmige Zerklüftungen, welche glänzten und funkelten, aber noch völlig scharfkantige, ruinenartige Teile aufwiesen.

Zur noch vollständigeren Überzeugung wurde der Versuch in gleicher Weise mit mehreren Splittern des Bergkristalls, wie auch mit einer vorher auf das Allerfeinste und nur in Achat zerriebenen und geformten Probe wiederholt. Beide Proben wurden ebenfalls auf einer Bergkristallunterlage fest eingeschlossen durch die oben bezeichneten zurechtgeschliffenen Bergkristallstäbchen. Hierzu kam dann noch die Rakonitzer Schiefer-Probe.

Nachdem die Temperatur in gleicher Weise bis zur konstatierten Platin-Schmelzhitze gesteigert worden, waren weder die Bergkristallsplitter noch die geformte Bergkristallprobe geschmolzen. Erstere zeigten die oben beschriebenen Erscheinungen, während die geformte Bergkristallprobe ein lebhaft glänzendes und durchscheinendes Glas darstellte, welches aber die Form der Probe noch kantig erhalten hatte ohne ein Abfliessen zu zeigen. Außerdem ließ sich aber an den Stellen, wo sich die zu Hülfe genommenen Bergkristallstäbchen an die Tonmasse **unmittelbar anlehnten, eine Schmelzbildung bemerken**. Es schien also dadurch, wie vorauszusehen, zugleich erwiesen, daß berührende Tonmasse ein Schmelzen bewirkt. Der Rakonitzer Schieferton zeigte gleichfalls dasselbe oben beschriebene Schmelzen. Somit bestätigte auch dieser zweite Versuch im wesentlichen genau dasselbe, was der erste ergeben hatte und war so unzweifelhaft festgestellt, daß der Rakonitzer Schieferton **eher** als der Bergkristall schmilzt, womit daher das bestehende allgemeine Mischungsgesetz **aufrecht erhalten** bleibt.

Gehen wir über zu der notwendigen Bedingung, welche für die Nach-

weisung der größeren Schwerschmelzbarkeit des Bergkristalls oder der Kieselsäure zu beobachten ist. Die Kieselsäure muß, worauf auch Seger hingewiesen, bei dem Versuche vor jeglicher basischen Beimengung geschützt sein, sie darf weder Gelegenheit finden Tonmasse aufzunehmen noch eine Base wie Tonerde oder gar Magnesia.

Die Anwendung aber eines Magnesiatiegels, und wenn auch derselbe mit Tonerde ausgefüttert ist, schließt eine mögliche Aufnahme von Magnesia nicht aus. Findet doch erwiesenermaßen in einem Magnesiatiegel beim Glühen eine Verstäubung von Magnesia statt, wie ja von Seger selbst nachträglich erkannt wurde, weshalb derselbe denn auch alsbald die Benutzung des Magnesiatiegels zur Prüfung feuerfester Tone fallen ließ. Vermag nun auch ein Tonerdeüberzug diesen Übelstand zu beschränken, so ist doch dadurch die Möglichkeit gegeben, daß in der Tonerdemasse Rißchen entstehen, welche dann ein Verstäuben der Magnisa, wenn auch nur ein geringes, zulassen. Ist doch, wenn die Tonerde vorher nicht auf das heftigste[1]) ausgeglüht wurde, und der Überzug nicht völlig gleichmäßig war, um so mehr in bekannter Weise die Tonerde zur Rissebildung geneigt.

Wie weit schließlich der angedeutete Einfluß für das obige von meinem Versuchen abweichende Ergebnis mitgespielt hat, wobei etwa auch andere Umstände, wie selbst ein Berühren mit dem Tonerdefutter oder der Tonmasse aus dem benutzten Graphittiegelchen hinzugekommen sein dürfte, kann hier nur als mutmaßliche Erklärung angedeutet werden.

Tonerdesilikat im Verein mit den Flussmitteln. Pyrometrisches Verhalten. Gesetz der Äquivalenz. — Gehen wir noch einen Schritt weiter und setzen diesen Gemengen aus Tonerde und Kieselsäure die in den Tonen wenigstens teilweise nie fehlenden Beimengungen oder die sogenannten Flußmittel hinzu, so sind wir bereits, was die Gesamtbestandteile angeht, bei den natürlichen Tonen resp. bei deren allgemeiner Zusammensetzungsweise, angelangt. Untersuchen wir daher schließlich das pyrometrische Verhalten dieser Flußmittel[2]) in Beziehung auf Kieselsäure und Tonerde und unter dem nicht zu übersehenden, maßgebenden Gesichtspunkte, daß bei den natürlichen Tonen meist vorherrschend bereits eingegangene, chemische Verbindungen vorliegen, die hier erst noch zu bewirken, so sind wir damit auf einem wohlbegründeten Wege, der ganz direkt zur Erkenntnis des Wesens der Feuerfestigkeit der Tone führen muß.

Stellt man sich die kieselsaure Tonerde dar, indem man wie oben eine subtil bereitete Mischung von 1 Teil Tonerde mit 2 Teilen Kieselsäure heftigst glüht, bis eine Schmelzung und damit die Silikatbildung eingetreten ist, pulverisiert die so erhaltene kieselsaure Tonerde und setzt dazu gleiche Mengen, z. B. 4 Proz. der Flußmittel, also je der Magnesia, des Kalkes, des Eisenoxyds und Kalis, so stellt sich nach wiederholt und genügend gesteigerter Tempe-

---

1) Seger gibt an, daß die Tonerde zur Sinterung erhitzt wurde. Gesinterte Tonerde, sofern darunter nur festgebackene (erweichte) Masse zu verstehen, ist nicht absolut wasserfrei.

2) Sie bewirken in einiger Menge oder einer ausreichenden Temperatur ein Schmelzen oder „Fliessen" des Tones und daher der Name. Hierzu gehören als regelmässige Beimischungen die alkalischen Erden, von denen die Magnesia selten fehlt, die Alkalien, Eisen mit zuweilen Manganoxyd; dagegen sind die unregelmäßigen Begleiter, Reste des Ursprungsgesteins, darunter auch wohl Feldspat und sonstige fremdartige Mineraltrümmer (abgesehen vom Quarz) als Schmelzmittel und zwar sporadische zu bezeichnen.

ratur heraus: — am dünnflüssigsten ist das Gemenge mit der Magnesia, weniger geschmolzen ist das mit Kalk versetzte, ihm folgt das mit Eisenoxyd und am wenigsten verändert ist das mit Kali, welche letztere Base unter den 4 genannten das größte Äquivalentgewicht hat, — während umgekehrt die Magnesia das kleinste besitzt. Positiver ausgedrückt wird demnach die Schmelzbarkeit eines Tones am meisten befördert durch Magnesia, weniger durch Kalk, noch weniger durch Eisenoxyd und am wenigsten durch Kali und durch Natron.

Es ergibt sich daraus das von Richters[1]) aufgefundene Gesetz: — Äquivalente Mengen der als Flußmittel auftretenden Basen üben auf die Schmelzbarkeit der Tone einen gleichen Einfluß aus, — unter der bemerkenswerten Voraussetzung, daß sämtliche Basen wie auch die Tonerde bereits mit der Kieselsäure chemisch gebunden oder zu deren Bildung hinreichend lange, wie auch entsprechend hoch genug damit erhitzt worden sind[2]).

Kurz in Äquivalentenzahlen ausgedrückt, verhalten sich demnach 20 Gewichtsteile Magnesia gleichwertig und gleichwirkend mit 28 Kalk, 31 Natron, 36 Eisenoxydul, 40 Eisenoxyd und 47 Kali. Das Eisenoxyd verwandelt sich beim Glühen in Eisenoxydul, sei es infolge reduzierender Einflüsse, oder wenn in hochgesteigerter Temperatur die saure Reaktion der Kieselsäure stärker hervortretend, das Eisenoxyd in die stärkere Basis Eisenoxydul übergeht. Zu bemerken ist, daß sich nicht selten die Eisen-Doppelverbindung, das magnetische Eisenoxyduloxyd findet, wovon die gewöhnlichen Ziegel fast immer größere oder kleinere Mengen enthalten sollen.

Einfluss gleichzeitig anwesender verschiedener Flussmittel. — Obwohl nach den Versuchen von Richters durch das Zusammenwirken der verschiedenen Flußmittel der Einfluß eines jeden einzelnen nicht erhöht werden soll, d. h. die Schmelzbarkeit nimmt nicht oder in keiner merklichen Weise zu, sondern wächst nur mit der größeren Summe der Äquivalente dieser Beimengungen (Flüchtigkeit der im Ton enthaltenen Flußmittel s. weiter unten), so widerspricht diese Beobachtung doch den Ergebnissen der Praxis, wie auch den Gesetzen der Gefrierpunktserniedrigung bezw. Schmelzpunktserhöhung von Gemischen, so daß eine Kontrolle der Richterschen Beobachtungen angezeigt erscheint. — Insbesondere entbehrt die Richterssche Untersuchungsmethode der Grundlage einer einheitlichen Temperaturmessung, was für Versuche über Feuerfestigkeit nun einmal unerläßlich ist. Neuerdings wiederholte E. Cramer die Versuche von Richters unter Zuhülfenahme der Segerschen Kegel in eingehender und umsichtiger Weise. Zunächst wurde der Fundamentalsatz Richters der äquivalenten Vertretung der Flußmittel im wesent-

1) Richters Untersuchung über die Ursache der Feuerbeständigkeit der Tone, S. 12. Diese grundlegende Abhandlung (Dissertation) von Richters erschien im Jahre 1868. Zur Berichtigung in chronologischer Beziehung möge hier beiläufig bemerkt werden, daß die ersten Arbeiten des Verf. über die Feuerbeständigkeit der Tone, woran Richters anknüpfte, im Jahre 1860 in Dinglers Journal veröffentlicht wurden.

2) Bei niederen Temperaturgraden können wir es mit mehr oder weniger unvollständigen Doppelverbindungen und entsprechenden anderen intermediären Erscheinungen zu tun haben, welche das Äquivalentgesetz verzögern und selbst ändern; der Verf., Dinglers Journal, Bd. 196, S. 444 und Bd. 198, S. 407. Das Gesetz gilt für solche hohe Temperaturen, in denen zugesetzte Kieselsäure die Schmelzbarkeit eines Tones vermehrt und nicht vermindert; bei geringerer Temperatur sind, wie gesagt andere zum Teil noch nicht genügend ermittelte Umstände maßgebend.

lichen als richtig befunden. Ein eigenartiges und abweichendes Verhalten zeigte das Eisenoxyd, was sich indessen dadurch erklären läßt, daß während des Versuchs mehr oder weniger in der Ofenatmosphäre sich geltend machende reduzirende und die Schmelzbarkeit ändernde Einflüsse mitwirken.

Statt des Gemenges von Richters, welcher wie gesagt 1 Äquivalent Tonerde und 2 Äquivalente Kieselsäure mit 4 Proz. Magnesia resp. Kalkerde, Eisenoxyd oder Kali vermischte und dieses Gemisch in Prismenform 3 Stunden der Schmiedehitze aussetzte, wurde nunmehr feinst geschlämmter Kaolin genommen. Ferner wurde durch gleiche Versuche ermittelt die Wirkung der Flußmittel auf 1 Äquivalent Kaolin und 0,5 Äquivalent Sand. Zur Herstellung der Kali- und auch versuchten Natronmischung diente Kalisalpeter oder Soda, womit der Kaolin vorher geglüht worden. Für die übrigen Flußmittel Magnesia, Kalk und Eisen wurde je Magnesit, Marmor und Eisenoxyd mit dem Kaolin auf einer Spiegelglasplatte (unanfechtbar wäre eine Achatplatte gewesen) feinst durcheinander gerieben. Für den reinen Kaolin ergaben die Schmelzversuche mit den äquivalenten Mengen verschiedener Flußmittel in graphischer Darstellung keinen großen Unterschied hinsichtlich der Herabminderung des Schmelzens, für die Mischung des Kaolins mit Sand hingegen befördern die Flußmittel um so energischer das Schmelzen als das Atom je des Flußmittels ein niedriges ist. Bei Beurteilung eines Tones ist deshalb die Art der Flußmittel mehr in Betracht zu ziehen, wenn der Ton sandhaltig ist. In betreff des Natrons wurde zutreffend gefunden, daß dasselbe ein stärkeres Flußmittel als das Kali bildet. (Tonind.-Ztg. 1895, No. 40 u. 41.)

Anzuführen sind hier wichtige und bedeutungsvolle Untersuchungen von E. Cramer (Tonind.-Ztg. 1897, No. 28) über die Flüchtigkeit der Flußmittel, wonach es wahrscheinlich erscheint, daß diese festen Oxyde durch andauerndes und wiederholtes Erhitzen verflüchtigungsfähig werden. Kohlengase (Rauch) sowie Beimengungen organischer Substanz können dabei als Vehikel mitwirken.

Nach den, wie von Cramer angegeben wird, äußerst exakten und wiederholt kontrollierten Analysen ist beim Glühen eines Tones in hoch gesteigerter Temperatur (bei Segerkegel 30) eine Abnahme der Flußmittel, namentlich des Eisens, der Kalkerde und der Alkalien als wahrscheinlich anzunehmen. (Töpfer- u. Ziegler-Ztg. 1897, No. 25).

Ähnliche dahin in anderer Beziehung weisende Beobachtungen wurden von dem Verfasser gemacht bei pyrometrischen Bestimmungen von Tonproben, welche je nachdem dieselben allein oder zugleich mit anderen Proben geglüht wurden, deutlich eine Einwirkung unter einander, namentlich hinsichtlich einer Änderung der Brandfarbe bemerken ließen. Der Verfasser behält sich vor den Gegenstand noch weiter zu verfolgen.

Rolle der Tonerde gegenüber den Flussmitteln. — Bei der Wirksamkeit der Flußmittel gibt es Fälle, wo, wie schon angedeutet, die Tonerde eine bedingende, notwendige Stelle einnimmt, denn kleine Mengen von ersteren in Verbindung mit Kieselsäure treten um so mehr als Flußmittel auf, wenn gleichzeitig Tonerde gegenwärtig ist.

Versetzt man Bergkristallpulver je mit den bekannten Flußmitteln: Eisen, Kalk, Magnesia und Alkalien, so kann der Zusatz bis zu vielen Prozenten, selbst bis zu 10 Proz. gesteigert werden, ohne daß in einem Hitzegrade, welcher Schmiedeeisen-Schmelzhitze übersteigt, eine irgend beträchtliche Einwirkung derselben auf die Kieselsäure sich zu erkennen gibt. Die Proben lassen sich mit dem Messer noch schaben; ja man kann den Zusatz bis zu

20 Proz. steigern, ohne daß ein solches Gemenge auch nur glasiert sich zeigt. Es erscheint dabei für die Beobachtung im wesentlichen gleich, mit welcher der genannten Substanzen im einzelnen man den Versuch anstellt, sowie auch keine entschiedene Differenz sich bemerken läßt, wenn man mehrere der Flußmittel zusammenmengt. Eine weiße, körnige Masse gibt ebensowohl der Kalk wie das Kali, eine dunkel rötliche das Eisenoxyd und eine bläuliche, etwas festere die Magnesia.

Wird aber den bezüglichen Gemengen ein nur geringer Anteil Tonerde zugesetzt, so bringen schon wenige Prozente von Eisen, Kalk usw. in dem angegebenen Hitzegrade eine Schmelzung hervor [1]). Hierfür bietet das Verhalten eines natürlichen Silikates der alkalischen Erden ein vorzügliches Beispiel: der Talk ($3\,MgO\,.\,4\,SiO_2$) schmilzt in reinstem Zustand erst bei einer Temperatur von ca. Segerkegel 31, mit 5 Proz. Kaolinit versetzt schon bei ca. S.-K. 11 — mit einer Reaktionsfähigkeit, daß er Löcher durch ganze Kapselreihen hindurchfrißt.

Setzt man noch weiterhin zu dem Gemenge aus kieselsaurer Tonerde und Flußmitteln Kieselsäure im Überschusse hinzu, so äußert sich die beschriebene Schmelzbarkeit in hinreichend hohem Hitzegrade — in geringerem kann das Umgekehrte stattfinden — um so energischer und so lange, als die Tonerde sie chemisch zu binden vermag, resp. sich Doppelsilikate bilden.

Steigt der Überschuß der Kieselsäure, der allerdings höchst bedeutend sein muß, über das Vermögen der Verbindungsfähigkeit hinaus, so macht sich, wie gesagt, wieder obiges Gesetz geltend, daß die größere Strengflüssigkeit des komponierenden Einzelbestandteiles in den Vordergrund tritt.

Rekapitulation. — Kurz rekapituliert sind die bei den feuerfesten Tonen in Rede kommenden Bestandteile: die Tonerde, Kieselsäure und die Flußmittel.

1. Die Tonerde ist unter den beiden überhaupt höchst strengflüssigen Hauptbestandteilen am schwersten schmelzbar.

2. In Übereinstimmung hiermit ist die Verbindung, die kieselsaure Tonerde — welche, wie gesagt, wesentlich leichter schmelzbar als jeder der Komponenten — um so strengflüssiger, je mehr sie sich dem reinen Bisilikat nähert und um so leichtflüssiger, je mehr die Kieselsäure vorwaltet.

In geringerem Hitzegrade oder unter bestimmten Umständen und Verhältnissen kann, was hier wiederholt betont werden mag, die Kieselsäure die Schwerschmelzbarkeit eines Tones erhöhen.

3. Kommen zu der kieselsauren Tonerde die Flußmittel, so bilden sich noch weniger schwerschmelzbare Doppelverbindungen.

Die Flußmittel in Verbindung mit Kieselsäure sind es, welche bei Gegenwart von Tonerde die Schmelzung bewirken und wenn sie in hinreichender und die Kieselsäure in reichlicher Menge vorhanden sind, um so vollständiger und widerstandsloser zusammenfliessen.

Fassen wir schließlich das Ergebnis noch in anderer Form zusammen.

Chemischer und physikalischer Vorgang. — Das Schmelzen der Tone besteht in der Bildung von Doppelsilikaten, der kieselsauren Tonerde mit einer kieselsauren Base, die entweder Magnesia, Kalk, Eisen, Kali oder Natron sein kann.

---

1) cf. der Verf., Dinglers Journal, Bd. 196, S. 527.

Die reine kieselsaure Tonerde ($Al_2O_3 2SiO_2$) ist in unseren gewöhnlichen Feuerungen unschmelzbar und ist es auch in den höchsten, schon mehr künstlichen Hitzegraden, je mehr die Tonerdemenge vorwaltet[1]).

Gelangt dazu eine der genannten Basen, so nimmt, wie gesagt, mit deren Menge die Schmelzbarkeit stetig zu und äußert sich um so wirksamer, je mehr gleichzeitig die Kieselsäure wächst bis zu einer gewissen, freilich schon recht bedeutenden Menge.

Was hierbei die physikalische Seite, die Entstehung der flüssigen Stoffe aus den festen angeht, so verlangt dies nach einem allgemeinen Gesetze eine gewisse freie Beweglichkeit der in Aktion tretenden kleinsten Teile. Werden die Verbindungen durch Schmelzen eines Gemenges wie der Ton bewirkt, so muß einer der Bestandteile flüssig werden, der alsdann die Vermittelung der sich verbindenden Stoffe übernimmt. Zuerst gerät der überhaupt am leichtesten schmelzbare Gemengteil in Fluß, dann entstehen weitere flüssige Verbindungen, während die ungeschmolzenen Teile ein festes Gerüst bilden. Sind die flüssigen Stoffe in geringer Menge vorhanden, so behält das Ganze noch seine Form, wiegen dagegen dieselben vor, so beginnt mit der steigenden Temperatur eine Formänderung.

Es entsteht so bei gewissen Tonen ein mehr oder weniger zähflüssiges Gemisch, welches, hat die ursprüngliche Probe die Form eines Zylinders, eine Formänderung wie sich unten eingehender besprochen findet, in die einer Kugel, Halbkugel und eines Tropfens übergeht, bis endlich ein Zerfliessen unter grösserer Ausbreitung folgt. Es kann so der Ton bis zur völligen Verflüssigung eine ganze Reihe von Stadien oder Phasen durchmachen, welche mehr oder weniger rasch, mitunter aber auch allmählich und dann in charakteristischer Weise sich einstellen.

Ausserordentlicher Wert der Tonerde. — Die Tonerde ist somit beziehungsweise der wertvollste und positiv wirksamste Bestandteil der eigentlichen feuerfesten Tone, dessen hervorragende Menge in der Regel auch für die Schmelzbarkeit maßgebend ist. Sie ist nicht allein an sich am schwersten schmelzbar, sondern sie vermehrt innerhalb des Rahmens der natürlichen feuerfesten Tone auch die Schwerschmelzbarkeit der Verbindungen, sie wirkt der Kieselsäure entgegen, wobei aber, wie oben kurz gesagt, anderweitige Umstände beschränkend wirken können. Außer der Schwerschmelzbarkeit aber spielen, was zugleich zu beachten, gerade bei der Tonerde die mehr physikalischen Faktoren, wie außerordentliches Schwinden und Aufsaugevermögen, eine sehr wichtige Rolle.

Alter Feuerfestigkeitsquotient[2]).

Die Schwerschmelzbarkeit eines Tones ist, wie sich aus dem Vorstehenden ergibt, von dessen quantitativer (prozentischer) Zusammensetzung abhängig,

---

1) Setzt man zu dem besten feuerfesten Ton Kieselsäure, so vermindert man tatsächlich damit die Schwerschmelzbarkeit für einen hinreichend hohen Hitzegrad. cf. der Verf., Dinglers Journal, Bd. 150, S. 57. Richters setzte zu dem in Schmiedeeisen-Schmelzhitze unschmelzbaren Ton von Altwasser 20 Proz. Quarzpulver, wodurch derselbe in gleichem Hitzegrade glasiert erscheint. cf. a. a. O. Richters, über die Feuerbeständigkeit der Tone.

2) Die Bezeichnung Feuerfestigkeitsquotient statt der wissenschaftlicheren Schmelzbarkeitsquotient wurde in Anlehnung an die Praxis gewählt, die sich dieses Ausdrucks einmal bedient.

woraus einfach folgt, daß sich *in irgend einer Weise eine Schmelzbarkeitszahl ziffermäßig berechnen lassen muß*. Gibt die aus der Analyse eines Tones abgeleitete chemische Formel das Verhältnis an, in welchem die drei Hauptbestandteile: Tonerde, Kieselsäure und Flußmittel zu einander stehen und wodurch je nach der Zunahme der Tonerde gegenüber den Flußmitteln, eine *mehr erhöhte*, sowie andererseits, je nach der Zunahme der Kieselsäure der Tonerde gegenüber, eine *relativ leichtere* Schmelzbarkeit bedingt wird, so vermag man diese beiden maßgebenden Verhältnisse in einem numerischen Ausdruck zusammenzufassen.

Bezeichnet man in der aus der Analyse berechneten Formel die Zahl der Tonerde-Äquivalente mit a, die der Kieselsäure mit b und die der Flußmittel mit c und setzt das Verhältnis $a/c = A$, $b/a = B$, so ist der Feuerfestigkeitsquotient $= \frac{A}{B} = \frac{a/c}{b/a} = \frac{a/2.}{b.c.}$ Dieser Quotient genügt der Forderung, daß er mit Zunahme des Tonerdegehaltes wächst; auch nimmt er bei Zunahme des Kieselsäure- und Flußmittelgehaltes ab.

Für die angeführte Rechenformel spricht zunächst, daß sie den Einfluß der Tonerde, dieses das Wesen und die Güte der Tone bestimmenden Faktors in starkem Maße zeigt. Der Forderung, daß der Feuerfestigkeitsquotient direkt proportional dem Tonerdegehalt a resp. einer höheren Potenz sei desselben ist hier in der einfachsten Weise genügt.

Seger hat bekanntlich dem vom Verfasser im Jahre 1869 aufgestellten Zahlenausdruck einen einigermaßen abgeänderten gegenübergestellt. Statt $\frac{a2}{bc}$ setzt *Seger* $\frac{a2}{bc} + \frac{a}{c}$. Letzterer Ausdruck ist also um $\frac{a}{c}$ oder wenn $c = 1$ gesetzt wird, um a größer als der meinige.

Bei der *Kieselsäure* ist, wie weiter unten ausführlicher folgt, zu berücksichtigen, daß deren Wirksamkeit gegenüber der *absoluten der Tonerde* eine relative ist. Sie vermehrt die Schmelzbarkeit und namentlich den Einfluß der Flußmittel für hohe Hitzgrade; für geringere kann sie besonders im ungebundenen Zustand die Schmelzbarkeit *erhöhen*. Die Kieselsäure spielt also beziehungsweise zu der angewandten Glühtemperatur eine Zwitterrolle als *Erniedrigungs-* wie als *Erhöhungsmittel* der Schmelzbarkeit eines Tongemenges. Diesem gewissermaßen sich widersprechenden Umstande ist bei der Berechnung des F. Q. Rechnung zu tragen, was daher gegenüber der bisherigen Aufstellungsweise zu beachten und *neu eingehend* zu verfolgen ist.

Soll aus dem Befunde der Analyse ein gültiger Schluß in feuerfester Beziehung gezogen werden, so gilt dabei die stillschweigende Voraussetzung, daß sich die Bestandteile des Tones im *feinsten* Zustande *gleichmäßig* verteilt finden und daß alle Teile desselben, wirklich oder wie angenommen, mit einander in chemische Verbindung treten.

Je reiner ein Ton, was bei den hervorragend feuerfesten Tonen immer in höherem Maße der Fall ist, welche auch wie die Analysen dartun einen sehr gleichmäßigen Bestand zeigen, um so *maßgebender* fällt die bezügliche Rechnung aus; während je ungleichartiger ein Ton und je mehr Sand, Quarztrümmer oder andere Beimengungen, wozu bei dem Fabrikat auch scharf gebrannte Tonmasse zu rechnen ist, dessen eigentliche Natur verhüllen, umsomehr können beiläufig bestimmende Einflüsse in den Vordergrund treten. Der Feuer-

festigkeitsquotient kann alsdann keinen zutreffenden Ausdruck geben, und nur einen solchen von beschränktem Werte und ist z. B. für die allzu ungleichartigen Ziegeltone eine Berechnung desselben völlig bedeutungslos.

Neuer verbesserter und vervollständigter Feuerfestigkeitsquotient F. Q.

Sehen wir von den recht reinen und sehr sandfreien, doch im ganzen selteneren Tonen ab, wofür die Berechnung des F. Q. in der bisherigen Weise immerhin ein gewisses Maß abzugeben vermochte, wie unter anderem die aufgestellten Quotientzahlen für die Normaltone dartun, so muß für sandhaltige eine andere und zwar geteilte Berechnungsweise angewendet werden: a. für das aus dem Ton möglichst sandfrei geschlämmte Produkt und b. für den Schlämmrückstand oder den eigentlichen Sand und dessen Teile. Der Ton ist alsdann durch ein allerfeinstes Sieb, wie es nur zu beschaffen ist, zu schlämmen und hiervon eine Analyse anzustellen, wobei denn die Kieselsäure direkt als Flußmittel gelten kann. Für den Sandrest ist weiterhin auf Grund der Analyse ein neuer Quotient zu berechnen, der die Gesamtfeuerfestigkeit des Tones erhöht und beziehungsweise erniedrigt. Hier spielt dann wie einleuchtend, die Kieselsäure eine andere Rolle je nach den noch vorhandenen Basen.[1])

Fassen wir zum Schluß kurz zusammen, worin der Wert eines einwandfrei ermittelten Feuerfestigkeitsquotienten besteht, so wird dadurch 1. ein Einblick in die pyrometrisch maßgebenden Beziehungen der feuerfesten Tone erhalten, 2. lassen sich im allgemeinen, je nachdem derselbe unter eine gewisse Zahl hinabgeht, die Tone in zwei große Hauptklassen, in schwerschmelzbare (hochfeuerfeste) und leichter schmelzbare (gewöhnlich feuerfeste) in bestimmter Weise unterscheiden. 3. Bildet in technischer Hinsicht das Zusammenschmelzen eines Tones, wofür der berechnete Quotient einen festen Punkt oder bereits im Voraus sichere Winke zu geben vermag, ein wichtiges und bedeutungsvolles Merkmal. 4. Derselbe hat uns zu lehren, was als unangreifbar der pyrometrische oder praktische Versuch zugleich mit der Analyse konstatiert. Er ist daher berufen die Übereinstimmung zwischen beiden nachzuweisen und so zur allseitigen Kontrolle zu dienen.

Die rechnerische Ausführung nebst Darlegung im einzelnen und den Belegen dazu behält sich der Verfasser für später vor, sobald eine augenblickliche Überhäufung mit Arbeiten hoffentlich noch trotz vorgerückter Jahre Zeit dazu übrig läßt.

---

1) Der Verf. verdankt die Anregung zu dieser neuen Berechnungsart des F.-Q. seinem sehr geehrten Mitarbeiter Herrn Dr. Herm. Kaul.

DRITTES KAPITEL.

Untersuchung und Untersuchungsmittel.

Physikalische, chemische und pyrometrische Untersuchung, die Normaltone, Pyrometrie.

Schicken wir zunächst voraus, worauf es bei jedweder Untersuchungsweise ankommt. Für eine Untersuchung, die Anspruch machen will auf einen bestimmten Gebrauchswert, besteht die Aufgabe, möglichst absolute Angaben zu machen, d. h. es sind, soweit dies erreichbar zuverlässige, übereinstimmende und vergleichbare Zahlenwerte aufzustellen. Sollen die Tonprüfungen [1]) erschöpfend sein, so haben sie sich auszudehnen auf alle diejenigen physikalischen, chemischen und insbesondere pyrometrischen Eigenschaften und deren oft in einander übergehende Kombinationen, welche für den Tonfabrikanten von Bedeutung sind.

Übergehend zu den verschiedenen Untersuchungs- oder Prüfungsweisen der Tone, wovon jede mehr oder weniger nur immer einen Teil der Eigenschaften erfaßt, so kann dieselbe von dreierlei Art sein:

1. eine physikalische oder mechanische; 2. eine chemische und 3. eine pyrometrische (auch erfahrungsmäßige).

I. Physikalische Untersuchung.

Wie schon aus dem, im ersten Kapitel über die physikalischen Eigenschaften Gesagten hervorgeht, kann die physikalische Untersuchung sich entweder nur beschränken auf äußere, vornehmlich in die Augen fallende Kennzeichen, wozu gehört: das Aussehen, die Färbung, sichtbare Verunreinigungen und Beimengungen, der Glanz, das Anfühlen und Schneiden, das Korn, dessen Gleichartigkeit, Gestalt, Größe, wie der Bruch, die Textur und beim Tonlager

---

1) Hinsichtlich der Tonprüfung im allgemeinen und speziell für Ziegeltone sind von Olschewsky beachtenswerte Aufsätze in der Zeitschrift „Ziegel und Zement" Ende 1889 und Anfang 1890 erschienen. Was weiterhin die vielfachen physikalischen Apparate angeht, deren man sich in neuerer Zeit bedient zur Beurteilung der Feuerungen (Apparat von Orsat), dann zur Bestimmung des Luftzuges, der Verdunstung, Feuchtigkeit, sowie auch zur Prüfung der Eigenschaften der Tonfabrikate (Apparat zum Zerreißen, Schleifen, Druckfestigkeit usw.) sei verwiesen auf den Tonindustrie-Kalender, Berlin 1902.

im Ganzen die Struktur; oder die Untersuchung sucht tiefer zu dringen und Eigenschaften zu verfolgen, die sich der direkten Beobachtung entziehen. Die erstere Untersuchung läßt sich auch als mineralogische Beschreibung bezeichnen; während die zweite besonderer Mittel, Apparate bedarf, um damit zu sondern, zu messen und zu wägen.

Ein Haupthülfsmittel bietet hier die Schlämmanalyse, wobei wir die vervollkommnete Methode von Zschokke (Baumaterialienkunde 1902, No. 10 u. 11) hervorheben, welche außer der möglichsten Abscheidung des eigentlichen Tonbestandteils (sand- und trümmerfreier, plastischer Ton oder sogenannte Tonsubstanz) die Beimengungen, deren quantitative Verteilung und specielle Beschaffenheit zu beurteilen gestattet; daran schließt sich die Bestimmung der Plastizität, womit, wie gesagt, eine ganze Reihe von Erscheinungen, bald in engerer Verbindung, wie das Schwinden, das Bindevermögen, die Kohäsion, die Fettigkeit oder entgegengesetzt Magerkeit, bald in weiterer, wie die Wassersaugekraft, Folge der Kapillarität und Porosität und die Annahme, Abgabe (Erscheinungen des Trockenprozesses) und der Widerstand des Wassers steht. Das Verhalten der Tone gegen Wasser [1]) (Anmachewasser) bildet bereits eine Anzahl von Beurteilungsmomenten, z. B. ob dieselben darin leicht oder schwierig zergehen, ob dies unter größerer oder geringerer Bildung von Klümpchen geschieht, ob diese beim Kochen alsbald zerfallen oder selbst bei lang fortgesetztem Kochen sich erhalten.

Bis jetzt ist es indes nur das Bindevermögen und das damit verbundene Schwinden, wie ferner die Porosität und Druckfestigkeit, wofür wir eine methodische Untersuchungsart, die in Zahlen ausdrückbare Vergleichungen zuläßt, kennen. Hierbei reicht es nicht aus, sich bloß auf den Ton als solchen im rohen Zustande zu beschränken, sondern es sind die fabrikmäßigen Umänderungen wie das gebrannte Material mit in den Kreis der Untersuchung zu ziehen.

1. Mechanische oder Schlämmanalyse. Entwickelung der Schlämmanalyse.

Türrschmiedt [2]) hat bereits den Schlämmapparat als ein für Ziegeleien so notwendiges Gerät bezeichnet, wie dem Hufschmied die Kneifzange ist und hält denselben für den sichersten und besten Weg, die Natur der Tone kennen zu lernen; derselbe ist zugleich für die Praxis von umso größeren Wert, weil er gewissermaßen das einzige Mittel ist, den Ton in seine Bestandteile mechanisch zu zerlegen und diese in ihrer Individualität zu studieren. Seger [3]) fügt eingehender und präziser hinzu, daß die chemische Analyse für die Kenntnis des Eigenschaften des Tones unzureichende Aufschlüsse liefert, wenn sie nicht durch eine Sonderung des Ungleichartigen durch die mechanische Analyse unterstützt wird. Die ausgeführte Schlämmanalyse, sagt Seger, gibt nicht allein Aufschluß über die Zusammensetzung des Materials, das gegenseitige Verhältnis zwischen plastischer und nicht plasti-

1) Das Verhalten gegen Wasser kann eine ungeahnt wichtige Rolle bei den Tonen spielen. So ist z. B. bei dem weltberühmten Klingenberger Tiegelton der praktisch schon länger erwiesene Unterschied zwischen der ersten und zweiten Sorte außer hoher Plastizität vornehmlich auf ein stärkeres Aufquellen oder eine größere Voluminosität des prima Tones zurückzuführen.

2) Notizblatt V, S. 180.

3) Ebenda VIII, S. 313.



scher Substanz, sondern auch über die mineralogische und physikalische Qualität, namentlich der letzteren.

In betreff der Schlämmapparate, die alle gewisse Unvollkommenheiten zeigen, während in der Natur keine Sprünge von dem Feinsten zum Groben stattfinden, sondern in der Regel alle Mittelstufen vorhanden sind, ist Seger beizustimmen, daß eine Einigung darüber nötig sei, welche Korngrößen man zusammenlegt und welche man trennen will.

Als Tonsubstanz (man vergl. nachfolgendes und erstes Kapitel) schlägt er demnach vor zu bezeichnen, was mittels des bis dahin vollkommensten Schlämmapparates, des Schöneschen, bei der geringsten Geschwindigkeit des Wasserstromes fortgeführt wird, die sich noch mit Sicherheit bestimmen läßt; es ist dies 0,18 mm pro Sekunde = 20 mm Druckhöhe am Piëzometer. Nach den von Schöne für die Fallgeschwindigkeit von Quarzkugeln im Wasser berechneten Grössen und den direkten mikroskopischen Messungen an den Schlämmprodukten seines Apparates, würde aus dieser Geschwindigkeit sich eine Maximalkorngröße von 0,0010 mm ergeben. Was bei dieser geringsten Stromgeschwindigkeit nicht von dem Tone getrennt wird, zeigt nach Seger schon einen wesentlich von der eigentlichen Tonsubstanz verschiedenen Charakter und wird von ihm als Schluff bezeichnet. Diese Masse gibt, wie oben teilweise erwähnt, im Wasser einen noch ziemlich bildsamen aber kurzen Teig, welcher nach dem Austrocknen nur geringen Zusammenhalt zeigt und beim Reiben mit dem Fingernagel matt bleibt, während unter gleicher Behandlung die Tonsubstanz eine glänzende Politur annimmt. Unter diese Bezeichnung fallen alle Stoffe von einer Korngröße zwischen 0,01 und 0,025 mm Durchmesser, die bei einer Stromgeschwindigkeit von 0,10 mm pro Sekunde abgeschlämmt werden können.

Die folgenden verhältnismäßig gröberen Teile werden als Staubsand bezeichnet, da durch das Gefühl sich kaum noch ein sandiger Charakter erkennen läßt, während er sich physikalisch als solcher darstellt. Dem Staubsande entspricht eine Stromgeschwindigkeit von 1,5 mm pro Sekunde und eine Korngröße von 0,025—0,040 mm.

Als feiner Sand gelten die Körper bis zu einem Korndurchmesser von 0,333 mm, als grober Sand alles über dieser Größe liegende.

Bei späteren Untersuchungen [1]) bezeichnete Seger als Schluff die Korngröße von 0,01—0,02 mm, als Streusand 0,04—0,20 mm und als groben Sand alles über 0,20 mm Korngröße.

Außer Seger hat sich noch Aron der Bearbeitung der mechanischen Analyse zugewandt und mit deren Hülfe wertvolle Resultate in betreff der physikalischen Eigenschaften der Tone gewonnen.

Schlämmapparat von Schulze. — Diesen älteren Apparat benutzte Fresenius zu der mechanischen Analyse von Bodenarten [2]). Vorher werden etwa beigemengte Steine aus dem zu schlämmenden Material abgesondert. Eines ähnlichen Apparates bediente sich Richters. Der Apparat besteht im wesentlichen aus einem Glase mit Ausguß von der Form eines großen Champagnerglases von 30 cm Höhe und 7 1/2 cm Durchmesser und einer 45 cm langen und etwa 8 mm weiten Röhre, die am obersten Ende trichterförmig erweitert und unten bis auf 2 mm verengt ist. Es können darin 33 g Ton auf einmal behandelt werden.

---

1) cf Notizblatt IX, S. 397 u. f. 2) Journ. f. prakt. Chemie Bd. 47, S. 241.

Schlämmapparat von Schöne. — Der bis jetzt am meisten empfehlenswerte Apparat ist wie gesagt der von E. Schöne[1]).

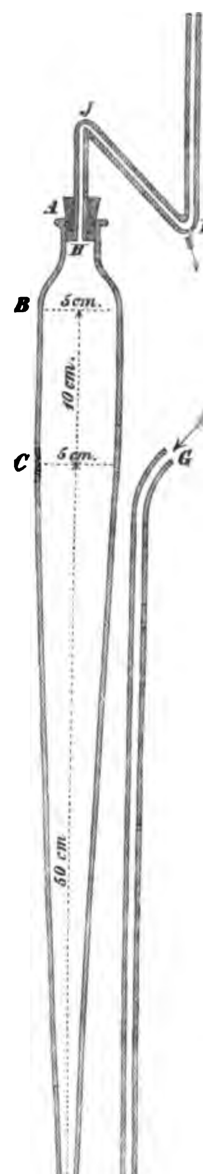


Fig. 2.

Der wichtigste Teil des Schöneschen Schlämmapparates[2]) ist der konisch-zylindrische Schlämmtrichter; derselbe vereinigt die Vorzüge des Schulzeschen Champagnerglases mit denen des zylindrischen Apparates von v. Bennigsen-Förder. In Fig. 2 ist dieser Schlämmtrichter im Längsschnitt in $^1/_5$ seiner natürlichen Größe dargestellt.

ABCDEFG bildet ein Stück. Der zylindrische Teil BC — der Schlämmraum — ist 10 cm lang und hat einen inneren Durchmesser von möglichst genau 5 cm. Er soll auf diese Länge rein zylindrisch sein. An ihn schließt sich der 50 cm lange konische Teil CD an. Es kommt viel darauf an, daß der Durchmesser an seinem unteren Ende bei D im Lichten in keinem Fall größer als 5, aber auch nicht kleiner als 4 mm sei. Gleiche Größe soll der innere Durchmesser in der rein halbkreisförmigen Biegung bei D E F haben.

Die nach oben gebogene Zuflußröhre F G, die etwa bis dahin reicht, wo der zylindrische Teil des Trichters beginnt, kann einen größeren Durchmesser haben, doch ist dies nicht nötig; kleiner als 5—4,5 mm im Lichten darf er aber nicht sein.

Von B an bis zum Halse H verengt sich der Trichter allmählich. Es ist gut, wenn der etwa 2 cm lange Hals zylindrich ist; sein Durchmesser soll 1 $^1/_2$—2 cm sein. Werden diese Dimensionen eingehalten, so beträgt der Spitzenwinkel bei D etwa 5—6°. Derselbe ist von Schöne absichtlich so klein gewählt, damit die Verlangsamung des senkrecht aufsteigenden Wasserstromes sehr allmählich erfolge und dadurch die lokalen Strömungen, welche beim Nöbelschen Apparat störend einwirkten, möglichst ausgeschlossen werden.

In diesem konischen Teil erfolgt, wie beim Schulzeschen Champagnerglase, die Zerlegung der zu untersuchenden Substanz in ihre Bestandteile nach deren hydraulichem Werte. Im zylindrischen Raume bleibt in allen Teilen desselben die Stromgeschwindigkeit dieselbe. Da nun von der Geschwindigkeit des Wasserstromes in diesem Raume, dem weitesten Raums des Schlämmtrichters, der hydraulische Wert des abgeschlämmten Produktes abhängt, so bezeichnet Schöne denselben als „Schlämmraum". Der letztere ist 5 cm weit gewählt, damit die angewandte Stromgeschwindigkeit hinreichend Gelegenheit habe, ihre Wirkung auszuüben.

---

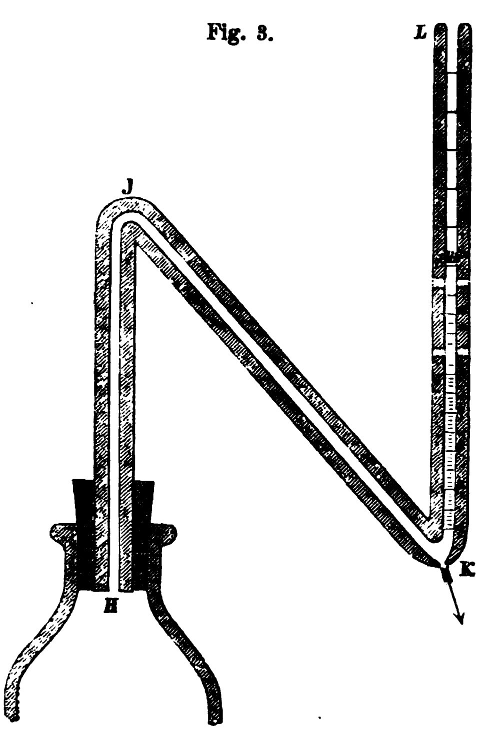
1) E. Schöne, über Schlämmanalyse und einen neuen Schlämmapparat. Berlin, W. Müller 1867.

2) Notizbl. f. Fabrikation von Ziegeln usw. 1872. S. 188.

Es ist nicht zu empfehlen, den Schlämmraum weiter zu wählen, weil, namentlich bei sehr geringen Stromgeschwindigkeiten, desto leichter lokale Strömungen entstehen, je größer der Durchmesser des Querschnittes ist. Oberhalb B verengt sich der Trichter, die Stromgeschwindigkeit nimmt also zu und diejenigen Teile, welche bis B schwebend erhalten werden, werden aus dem Apparat durch die sogleich zu beschreibende Vorrichtung abgeführt.

In dem Halse des Trichters steckt mittels eines Kautschukstopfens die an ihrem Ende Z-förmig gebogene Röhre HJKL. Dieselbe dient — und darin, sowie in der äußerst zweckmäßigen Form des Schlämmtrichters, beruht der Hauptvorzug des Schöneschen Apparates — gleichzeitig als Abflußröhre und als Druckmesser oder Piëzometer.

Fig. 3.



Aus dem Stande des Wassers in diesem Rohre kann nämlich jederzeit die Geschwindigkeit des Wasserstromes im Schlämmraum bestimmt werden.

In Fig. 3 ist eine solche Kombination von Abflußrohr und Piëzometer in halber natürlicher Größe im Längsschnitt dargestellt. Sie bildet ein Stück und ist aus einer Barometerröhre angefertigt, deren äußerer Durchmesser 7—10 mm, deren innerer aber möglichst genau 3 mm betragen soll.

Die Abflußröhre HJK ist bei J unter einem Winkel von 40—45° gebogen; größer darf der Winkel nicht sein. Das Knie bei J muß möglichst scharf, d. h. der Bogen möglichst kurz sein, ohne daß dadurch das Innere der Röhre verengt würde. Das Knie bei K muß womöglich noch schärfer sein, so daß die Axe des Piëzometers KL annähernd in das Zentrum der Ausströmungsöffnung bei K fällt. Form und namentlich Größe der Ausströmungsöffnung sind sehr wichtig. Sie soll möglichst kreisförmig sein, abgeschmolzene Ränder und einen Durchmesser von möglichst genau 1,5 mm haben. Größer als $1^2/_3$ und kleiner als $1^1/_2$ mm darf letzterer nicht sein. Die Öffnung muß in jedem Fall bei der vorliegenden Stellung der Röhre am tiefsten Punkte der Biegung bei K, überhaupt so angebracht sein, daß der ausfließende Wasserstrahl ein wenig schräg nach unten gerichtet ist (etwa wie es der Pfeil andeutet).

Das Piëzometer KL ist parallel dem Schenkel HJ der Abflußröhre. Die Teilung auf ihm (in cm), die in der Zeichnung auf dem Längsschnitt (Fig. 3) projiziert erscheint, hat ihren Nullpunkt in dem Zentrum der Ausströmungsöffnung bei K; sie beginnt bei dem ersten Zentimeterstrich und ist eingeteilt:

von 1 bis 5 cm in mm   von 5 bis 10 cm in 1/4 cm
„ 10 „ 50 „ „ 1/2 cm   „ 50 „ 100 „ „ 1/1 „

Die Länge des Piëzometers wird daher etwas mehr als 1 m betragen. Die angegebenen Dimensionen des Trichters und der Kombination von Abflußrohr und Piëzometer empfiehlt Schöne als die passendsten für die gewöhnliche Schlämmanalyse des Bodens. Mit ihnen verfügt man über Stromgeschwindigkeiten von 0,2—4 mm in der Sekunde. Diese Stromgeschwindigkeiten reichen für die Schlämmanalyse von Bodenarten auch vollkommen aus, wie ich aus der Untersuchung einer ziemlich beträchtlichen Zahl von Bodenproben bestätigen ließ. Bei der Untersuchung der Tone wird aber die Stromgeschwindigkeit von 0,2 mm als Minimalgeschwindigkeit noch zu groß sein. Einige Versuche mit Ton und Schluffproben haben Schöne die Überzeugung verschafft, daß für die mechanische Analyse der Tone noch bedeutend geringere Geschwindigkeiten anzuwenden sein werden. Eine geringere Stromgeschwindigkeit kann nun einmal dadurch hervorgebracht werden, daß man den Durchmesser des Schlämmraumes vergrößert, was aber, wie wir früher gesehen haben, nicht zulässig erscheint, oder aber, daß man die Ausströmungsöffnung bei K verengt. Vielleicht wird es zweckmäßig sein, die Öffnung nur 1 mm weit zu nehmen.

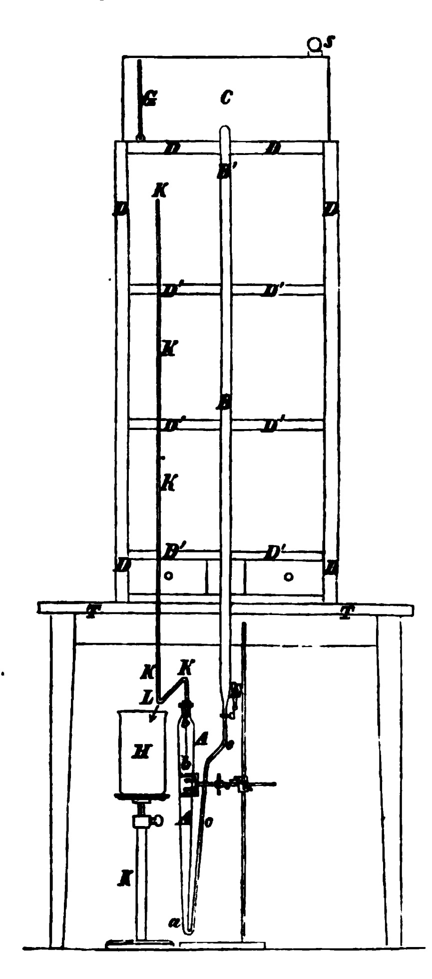


Fig. 4.

Fig. 4 zeigt, in welcher Weise die einzelnen Teile des Schöneschen Apparates, also Schlämmtrichter, Piëzometer, Wasserreservoir und Gläser zum Auffangen der abgeschlämmten Flüssigkeit mit einander verbunden sind. Die Zeichnung stellt die Einrichtung dar, wie Schütze dieselbe zur Ausführung von Schlämmanalysen im Laboratorium der Neustädter Forstakademie benutzt; sie weicht etwas, jedoch nur in unwesentlichen Punkten von der Schöneschen Einrichtung ab.

Auf dem starken hölzernen Tisch TT ruht das Holzgestell DD; es ist mit 2 Schubladen zum Aufbewahren von Porzellanschalen usw. und mit den Brettern D′D′ versehen, auf welchen die mit Schlämmflüßigkeit gefüllten Bechergläser Platz finden. Auf dem Holzgestell DD ruht das aus lackiertem

Blech gefertigte Wasserreservoir C; letzteres ist (nach Schönes Angabe) ein allseitig geschlossener Kasten von 5 dcm Länge, 2,5 dcm Breite und 2 dcm Höhe. S ist eine durch eine Ventil- und Schraubenvorrichtung, luftdicht verschließbare Öffnung, welche zum Einfüllen des Wassers bestimmt ist. B′B ist das mit einem Hahn E versehene Zuleitungsrohr, welches durch einen Kautschukschlauch e mit dem Zuleitungsrohr c des Schlämmtrichters A verbunden ist. Unten in der vorderen Wand des Reservoirs C ist ein Tubulus angebracht, in welchem vermittels eines durchbohrten Kautschukstopfens eine senkrecht nach oben gebogene Glasröhre G befestigt ist.

Beim Abfliessen des Wassers aus C durch das Rohr B dringt durch G fortwährend Luft ein. Die ganze Vorrichtung funktioniert in zufriedenstellender Weise und gestattet ein Arbeiten mit konstantem Druck.

Billiger, aber weniger zweckmäßig ist das von Schöne in seiner Zeichnung angegebene Nachschlußgefäß. Es ist ein viereckiger, aus lackiertem Weißblech angefertigter Kasten, der 1 m lang, 2,5 dcm breit, aber nur 1 dcm hoch ist. Er ist zum Schutz mit einem Deckel versehen, der sich an dem einen Ende aufklappen läßt. Die Klappe hat 2,5 dcm im Quadrat.

J ist ein eisernes Stativ, in dessen Klammer der Schlämmtrichter A fest eingespannt ist. Mittels eines durchbohrten Kautschukstopfens ist auf dem Schlämmtrichter A das Piëzometer KK befestigt; dasselbe wird durch eine in der Zeichnung fortgelassene an einem der Tragbretter D′D′ angebrachte Klammer in senkrechter Lage erhalten. Das Stativ J steht auf dem Fußboden des Zimmers; ebenso das auf- und niederschiebbare Stativ K, welches das Becherglas H trägt; dieses ist zum Auffangen der aus dem Schlämmapparat ablaufenden Flüssigkeit bestimmt.

Zu bemerken ist weiter noch, daß das Abflußrohr B′B bei B′ abgeschraubt werden kann; ferner daß der Hahn E keine zu kleine Öffnung haben darf. Derselbe muß gut eingeschliffen sein, leicht gehen und mit einem längeren Griff versehen sein, damit der Wasserzufluß sich bequem regulieren läßt, was für die Ausführung der Schlämmanalyse von großer Wichtigkeit ist.

Endlich gehört noch zum Apparat ein kleines Sieb von 5 cm Höhe und 5 cm Durchmesser. Über den aus Zink- oder Messingblech angefertigten Zylinder desselben ist als Siebboden ein feines Messingdrahtnetz gelegt, welches durch einen überzuschiebenden 1,5 cm breiten Ring in Spannung erhalten wird. Die Maschenöffnungen des Drahtnetzes sollen Quadrate darstellen, deren Seiten genau 0,2 mm messen [1]). Bevor der Schlämmapparat in Benutzung genommen werden kann, ist zunächst die genaue Beziehung zwischen der vom Piëzometer angezeigten Druckhöhe und der Stromgeschwindigkeit im Schlämmraum festzustellen. Bei einer bestimmten Druckhöhe im Piëzometer hängt nämlich die Stromgeschwindigkeit des Stromes im Schlämmraum einmal von dem Durchmesser des Schlämmraumes und dann von der Weite der Ausströmungsöffnung ab. Da ein direktes Messen beider Dimensionen nicht ausführbar ist, so muß die Beziehung zwischen Druckhöhe und Stromgeschwindigkeit für jeden Schlämmraum und für jede Kombination von Abflußröhre mit Piëzometer durch direkte Versuche gefunden werden.

Zunächst muß der Durchmesser des Schlämmraumes bestimmt

1) Der Schönesche Schlämmapparat kann von Warmbrunn, Quilitz & Co. in Berlin bezogen werden.



werden; bei dieser Bestimmung wird gleichzeitig untersucht, ob auch der Schlämmraum hinreichend zylindrisch verläuft. Man macht etwas oberhalb von C (Fig. 2) eine Marke mit dem Diamanten, schiebt dann auf G einen mit einem Quetschhahn versehenen Kautschukschlauch und stellt den Schlämmtrichter senkrecht in einem Stativ auf. Man gießt dann eine hinreichende Menge Wasser in den Apparat, so daß alle Luft aus FG und dem aufgesteckten Kautschukschlauch entweicht; darauf wird der Quetschhahn geschlossen und das Niveau im Schlämmtrichter genau bis zur Marke eingestellt. Aus einer Bürette läßt man sodann eine abgemessene Quantität — etwa 50 ccm — Wasser in den Trichter fliessen und mißt darauf die Erhöhung des Niveaus entweder durch Anlegen eines Maßstabes, oder besser durch ein Kathetometer.

Vor der Ausführung der eigentlichen Schlämmanalyse muß zunächst das zu untersuchende Material gehörig vorbereitet werden.

Enthält der zu untersuchende Körper organische Substanzen in einiger Menge, so sind dieselben vor dem Schlämmen zu entfernen.

Die im Wasser unlösliche Humussubstanz haftet nämlich auch bei fortgesetztem Kochen mehr oder weniger fest an den rein mineralischen Gemengteilen, wodurch dieselben spezifisch leichter werden und einen anderen hydraulischen Wert erhalten, als für die Schlämmanalyse gilt. Überdies kittet die Humussubstunz mehrere Körnchen zusammen. Ferner haben die feineren Wurzelfäserchen große Neigung, sich innerhalb des strömenden Wasser zu verfilzen und Bäuschchen zu bilden, in denen sich mehr oder weniger Körner festsetzen und so der Schlämmtätigkeit des Wassers entziehen. Endlich kann es auch leicht vorkommen, daß solche organische Reste die Ausströmungsöffnung ganz oder teilweise verstopfen. Bei Sandböden hat die Entfernung der organischen Substanzen keine Schwierigkeit; dieselbe wird durch einfaches Glühen an der Luft bewirkt. Bei Tonböden, wo Glühen nicht wohl zulässig ist, empfiehlt Schöne hingegen, dieselben mindestens eine Stunde mit Wasser zu kochen, welchem 1—2 Proz. freies Alkalihydrat zugesetzt ist. Bei der Untersuchung der Tonarten, welche zur Fabrikation von Ziegeln und Tonwaren verwendet werden, dürfte eine solche Behandluug mit Alkalihydrat nicht zu empfehlen sein.

Ferner ist es nach Schöne in vielen Fällen nötig, das zu untersuchende Material mit kalter, ziemlich verdünnter Salzsäure zu behandeln, um Carbonate, namentlich Kalksteintrümmer zu entfernen. Letztere werden auch bei anhaltendem Kochen nur teilweise und zwar in sehr ungleicher Weise zerbröckelt. Dazu kommt, daß manche an Kalksteintrümmer reiche Bodenarten beim Kochen mit Wasser einen Schaum geben, welcher nur schwierig zergeht und daher das genaue Ablesen am Piëzometer sehr erschwert. Es ist nötig, nach dem Auflösen des Kalkes die Salzsäure aus dem Körnergemisch so viel als möglich zu entfernen, da ihre Gegenwart nach den Untersuchungen von Th. Scherer[1]) und von Fr. Schulze[2]) dem Wasser eine besondere Eigentümlichkeit gibt, welche, wie es scheint, beim Schlämmen, wenigstens soweit es die feinsten Teilchen betrifft, von bedeutendem Einfluß sein kann.

Bei kalkreichen Tonen empfiehlt Schulze, dieselben einmal kalkhaltig und dann ein zweites Mal nach Entfernung des Kalkes zu schlämmen.

---

1) Pogg. Ann. Bd. 82.
2) Ebendas. Bd. 129.



Sind die organischen Substanzen und der kohlensaure Kalk erforderlichen Falls entfernt, so wird darauf die Probe mit Wasser gekocht.

Bei Tonproben muß das Kochen mit Wasser in der Regel längere Zeit fortgesetzt werden, um eine vollständige Loslösung der Tonsubstanz von den übrigen Bestandteilen zu erzielen.

Nach dem Kochen sind zunächst die gröberen Körner zu entfernen, weil bei den geringeren Geschwindigkeiten, mit welchen man anfangs arbeitet, die Geschwindigkeit des Wasserstromes in dem unteren engeren Teile des Trichters nicht hinreichend stark ist, um Körner von größerem Durchmesser schwebend zu erhalten. Dieselben würden sich zu Boden setzen und den engen Teil des Schlämmtrichters verstopfen.

Man gießt deshalb nach dem Kochen die Flüssigkeit durch das früher beschriebene Sieb mit 0,2 mm weiten Öffnungen, spült alle Körner in dasselbe hinein und wäscht unter Umrühren mit einem Pinsel oder rund geschmolzenem Glasstabe so lange nach, bis das Wasser fast vollkommen klar abläuft. Durch diese Operation werden alle Körner bis zu einem Durchmesser von 0,2 mm zurückgehalten, und man hat kaum zu fürchten, daß auf dem Siebe etwas zurückbleibt, was in dem Apparat abschlämmbar wäre. Den auf dem Sieb verbliebenen Rückstand kann man für sich bestimmen; besser ist es aber, denselben mit dem zu vereinigen, was später im Schlämmtrichter zurückbleibt, und mit diesem gemeinschaftlich zu bestimmen.

Die durch das Sieb gegangene trübe Flüssigkeit läßt man in einem möglichst niedrigen Gefäß eine oder mehrere Stunden ruhig stehen, gießt das, was sich bis dahin noch nicht zu Boden gesetzt hat, ab und verwendet zum Schlämmen nur den Bodensatz. Die feinen suspendiert gebliebenen Teile vereinigt man dann mit dem feinsten beim Schlämmen erhaltenen Teilen. Bei Abwesenheit gröberer Körner fällt das Sieben natürlich fort.

Man verbindet nun den Schlämmtrichter A, wie Fig. 4 zeigt, durch den Kautschukschlauch e mit dem Zuflußrohr B des mit Wasser gefüllten Reservoirs C. Durch mehrmaliges Öffnen und Schließen des Hahnes E entfernt man darauf aus e und c alle Luftblasen, die sonst beim Schlämmen höchst störend wirken würden. Mittelst eines Hebers entleert man dann den Schlämmtrichter fast vollständig und spült hierauf die Probe in den Trichter. Während des Hineinspülens muß der Hahn E so weit geöffnet sein, daß das Wasser sehr langsam zufließt. Versäumt man diese Vorsichtsmaßregel, so wird durch Festsetzen der gröberen Körner bei a leicht ein Verstopfen des Trichters stattfinden. Zum Hineinspülen der Probe darf man höchstens so viel Wasser verwenden, daß das Niveau desselben, wenn die ganze Masse hinein gebracht ist, höchstens den Punkt erreicht, wo der eigentliche Schlämmraum beginnt. Man läßt darauf das Wasser in dem letzteren sich sehr langsam erheben. Beträgt die niedrigste Geschwindigkeit, mit der man arbeiten will, z. B. 0,2 mm, so darf der 10 cm lange Schlämmraum sich höchstens in 500 Sekunden oder 8,5 Minuten füllen.

Man befestigt darauf das Piëzometerrohr KK auf den Trichter, sorgt dafür, daß beide in genau senkrechter Lage sich befinden, und bringt das Becherglas H unter die Öffnung L. Sobald das Wasser bei L auszuströmen beginnt, reguliert man vermittelst des Hahnes den Wasserzufluß so, daß das Niveau in der Piëzometerröhre genau den Stand einnimmt, welcher nach der vorher angefertigten Tabelle (oder Kurve) der niedrigsten, im Schlämmraum zu erzeugenden Geschwindigkeit entspricht. Wegen eintretender Schaumbildung — auch nach

vorgängiger Behandlung mit Salzsäure — hat das genaue Ablesen des Wasserstandes oft seine Schwierigkeiten; in diesem Falle befestigt man auf das obere, offene Ende des Piëzometerrohres eines Kautschukschlauch und bläßt einige Male hinein, wodurch mit Leichtigkeit eine freie Oberfläche herzustellen ist.

Man schlämmt nun bei der niedrigsten Geschwindigkeit, welche man anwenden will, so lange ab, bis das Wasser im oberen Teile des Schlämmraums fast klar erscheint. Vollständig klar wird hier die Flüssigkeit nie werden, ausgenommen wenn die Stromgeschwindigkeit nachläßt. Ist dieser Punkt eingetreten, so setzt man unter L (Fig. 4) ein anderes Becherglas und verstärkt darauf den Wasserstrom so, daß die nächst höhere im Voraus bestimmte, am Piëzometer ablesbare Geschwindigkeit zur Geltung kommt. Man läßt wieder so lange abfließen, bis die Flüssigkeit im Schlämmraum fast klar erscheint, bringt dann die ausgewählte 3. Geschwindigkeit zur Geltung und fährt in dieser Weise fort, bis man die gewünschte Zahl von Gruppen, deren Körner zwischen genau bestimmbaren Grenzen liegen, erhalten hat.

Bei den niedrigsten Geschwindigkeiten bis zu 0,2 mm genügt es, 2 Liter Flüssigkeit durch den Apparat gehen zu lassen. Für Geschwindigkeiten von 0,2—0,5 mm, von 0,5—1 mm 4 Liter und von 1 mm ab 5 Liter. Je mehr Wasser man bei jeder einzelnen Stromgeschwindigkeit verwendet, einen um so größeren Grad von Genauigkeit erreicht man. Die angegebenen Mengen genügen indessen vollkommen.

Die Bechergläser mit den abgeschlämmten Flüssigkeiten läßt man zunächst ruhig stehen — sie finden auf den Brettern D′D′ einen geeigneten Platz — bis vollständige Klärung eingetreten ist; man zieht dann die klare Flüssigkeit mit einem Heber ab und spült den Bodensatz in eine kleine Porzellanschale, in welcher derselbe getrocknet und gewogen wird. Erleichtert wird das Herausspülen außerordentlich, wenn man an Stelle der gewöhnlichen Bechergläser sogenannte Dekantiergläser anwendet, die in der Höhe des Bodens mit einem Tubulus versehen sind. Die feinsten, bei der niedrigsten Geschwindigkeit abgeschlämmten Teile setzen sich nur äußerst langsam zu Boden; man wird dieselben in der Regel aus dem Verlust berechnen. Will man dieselben direkt bestimmen, so empfichlt Schöne nach dem Vorschlag von Franz Schulze, dem trüben Wasser so viel Ammoniumsesquikarbonat zuzusetzen, daß es etwa 1—2 Proz. davon enthält.

Ich ziehe es vor, die trübe Flüssigkeit (2 Liter) direkt zur Trockne einzudampfen, wobei zuerst freies Feuer, dann aber wie bei den übrigen Schlämmprodukten das Wasserbad benutzt wird. Der im Schlämmtrichter zurückgebliebene Rückstand wird schließlich in folgender Weise herausgeschafft. Man schließt nach beendigter Schlämmoperation den Hahn E, entfernt das Piëzometerrohr aus dem Halter und gießt das in ihm enthaltene Wasser in ein Becherglas; man läßt dann, während man den Trichter über dem Becherglase in die senkrechte umgekehrte Stellung bringt, einen kräftigen Wasserstrom durch, bis alles rein ausgespült ist. Dies führt man schnell aus, um zu vermeiden, daß sich der Rückstand in der Spitze des Trichters festsetze.

Von besonderer Wichtigkeit ist natürlich die Wahl der anzuwendenden Stromgeschwindigkeiten im Schlämmraum. Wenn irgend möglich, rät Schulze für die Untersuchung der Tone die geringste anzuwendende Geschwindigkeit nicht größer als 0,01 mm pro Sekunde zu wählen.

Eine Scheidung der tonigen Teile von den sandigen wird selbst mit diesem Apparat im absoluten Sinne keineswegs erreicht. Die Trennung der

Tonkomponenten findet blos bis zu einem gewissen konventionellem Grade statt. Dabei sind ganz bestimmte Normen inne zu halten hinsichtlich der Stromgeschwindigkeit im Schlämmraume. Augenscheinlich wird mit dem im unteren Teile des Schlämmtrichters sich ansammelnden Sande feinster Ton mit niedergerissen, der nicht weiter fortgeführt wird und sich zu erkennen gibt durch eine lang andauernde milchige Trübung des so abgeschiedenen Sandes. Diese Beobachtung wurde auch von Seger gemacht und beschrieben.[1]) Derselbe empfiehlt ein durchbohrtes, trichterförmiges Korkstück in dem unteren Teile des Schlämmtrichters anzubringen. Besserer Erfolg wird nach Holthof erzielt, wenn man den gebogenen tiefsten Teil des Apparates soweit mit Quecksilber anfüllt, daß das Wasser in beiden Schenkeln über dem Quecksilber kaum mehr in Verbindung steht. Bei stärkerem Schlämmstrom wird das Quecksilber in stetiger Bewegung gehalten, wodurch die auflagernden Tonteilchen nie zur Ruhe kommen, sich aneinander reiben und sich dabei, wie in einem Setzsiebe vollkommen von einander trennen. So wird eine gute Trennung des Tones vom Sande mit weniger Wasser und in weniger Zeit, ferner eine scharfe Scheidung der einzelnen Korngrößen des Sandes von einander mit Bruchteilen des Schlämmwassers erzielt. Holthof, Ztschr. f. analyt. Chemie 1886, H. 1.

Werden die bezeichneten Regeln und Verbesserungen streng beachtet, so wird mit dem Schöneschen Apparat unzweifelhaft die schärfste, bis jetzt mögliche Sonderung der Tonkompenenten erreicht. Obgleich derselbe somit sich zur Erforschung der physikalischen Eigenschaften eines Tones als sehr erfolgreich erwiesen hat, darf trotzdem nie vergessen werden, daß auf diese Weise immer nur eine mechanische, d. h. relative Sonderung erlangt werden kann, welche mit der chemischen Methode zu konkurrieren nicht imstande ist.

Hüten muß man sich daher vor dem Wahne, auf diese Weise reine Tonsubstanz, wie oben schon besprochen wurde, herstellen zu können. Selbst das feinste derartig bereitete Schlämmprodukt bildet noch immer ein Gemenge von Tonsubstanz und Sand. Nach den Beobachtungen von Seger[2]) enthält z. B. der mittelst des in Rede stehenden Apparates gewonnene Staubsand des Tones von Senftenberg noch 9,30 Proz. Tonerde und der auf gleiche Weise erhaltene des Tones von Andenne sogar die bedeutende Menge von 29,32 Proz. Olschewsky fand so in dem selbst bei der geringsten Normalgeschwindigkeit geschlämmten Ton von Osterode 56,40 Proz. Sand[3]). Ganz evident ist aber durch besonders eingehende Arbeiten desselben Verfassers: „Vergleichende Untersuchungen einiger Ziegelmaterialien“, Notizblatt 1876, p. 219, dargetan worden, daß mittelst der Schlämmanalyse wirkliche sogenannte Tonsubstanz nicht zu erzielen und so an eine Ermittelung von deren ausschließlicher Menge nicht irgendwie zu denken ist. Hinsichtlich des Gebrauchswertes in der Technik ist für den Ton als solchen wie für die Benutzung des gebrannten von hoher Wichtigkeit die Bestimmung der Plastizität, wozu gehört, wie oben berührt wurde, das Bindevermögen, die Bildsamkeit, das Schwinden, die Porosität und die Dichtigkeitsbestimmungen (das spezifische Gewicht).

Ausführung der mechanischen Schlämmanalyse nach Zschokke, Für die Schlämmanalyse, welche bezweckt durch einen möglichst rationell

---

1) Notizblatt 1873, S. 365.
2) Ebendas. 1873, S. 109.
3) Ebendas. 1879, S. 110.

geführten Schlämmprozeß die magernden Bestandteile des Tones von der sogenannten Tonsubstanz zu trennen, lassen wir die von B. Zschokke[1]) verbesserte und kontrollierte Methode folgen.

Von dem getrockneten Ton werden 50 g in einer Porzellanschale mit Wasser längere Zeit gekocht, dann der Brei 24 Stunden sich selbst überlassen, der Inhalt hierauf in einen ca. 1 Liter fassenden Dekantierzylinder gegossen und mit Wasser angefüllt. Nach gründlichem Aufrühren und Umschütteln setzen sich zwei durch Korngröße, namentlich aber durch die Farbe deutlich und scharf geschiedene Schichten ab. Sobald die obere aus Tonsubstanz und sogen. „Schluff" d. h. feinst verteilten magernden Bestandteilen bestehende Schicht sich deutlich abzusetzen beginnt, wird mittelst Heber die darüber stehende trübe Flüssigkeit abgesogen. Das Umschütteln, Absetzenlassen und Abhebern wird mehrere male wiederholt, bis die größte Menge der Tonsubstanz und des Schluffs entfernt ist. Nun wird der sandige Rückstand in eine Reibschale gegeben und hier unter Zusatz von heißem Wasser zerrieben.

Diese Manipulation hat den Zweck Sand und Tonsubstanz, die oft außerordentlich zähe aneinander haften, zu trennen. Das Reiben darf aber nicht unter starkem Druck, auch nicht mit einem gewöhnlichen Porzellanpistill ausgeführt werden, da sonst die körnigen Bestandteile leicht zerrieben werden können, sondern es wird dazu ein hölzerner mit dicken weichen Kautschukstoff überzogener Pistill verwendet.

Der so behandelte Rückstand wird neuerdings durch Schlämmen gereinigt und die Operation des Reibens so oft wiederholt, bis er keine Tonsubstanz an das Wasser mehr abgibt. Der Schlämmrückstand wird schließlich getrocknet und gewogen.

Diese Schlämmanalyse, welche man zur Kontrolle für verschiedene Tonsorten jeweilen doppelt ausführt, ergab in der Mehrheit der Fälle Resultate, die in sehr befriedigender Weise übereinstimmten. Da die Korngröße der magernden Bestandteile, namentlich wenn es sich um Mergelknöllchen, Kalkkarbonate, Schwefelkies usw. handelt, bekanntlich von großer Bedeutung für die Wertschätzung eines Tons ist, so wird der Schlämmrückstand nachträglich noch durch Sieben nach vier Korngrößen sortiert. Die Resultate werden schließlich in einer Tabelle zusammengestellt.

2. Bestimmung des Bindevermögens.

Das Bindevermögen, die Bindefähigkeit oder auch Bindekraft (Zugfestigkeit) genannt, diese technisch so höchst wertvolle Eigenschaft, beruht auf der Fähigkeit des mit Wasser angemengten Tones, andere pulverförmige oder auch grobkörnige Körper in größerem oder geringerem Maße in sich aufzunehmen und nachdem sie damit zusammengetrocknet worden, ein Ganzes von gewisser mechanischer Festigkeit zu geben.

Mit der bezeichneten sehr willkommenen und in der Praxis ausgiebig verwerteten Erscheinung, die im allgemeinen mit der Kohäsion der einzelnen Tonteilchen oder der Bruchfestigkeit des trockenen Tones zusammenfällt, steht, wie schon früher eingehend behandelt wurde, eine ganze Reihe von wissenschaftlich ausnehmend interessanten Tatsachen in Zusammenhang, welche sich alle bei dem Verhalten der Tone gegen Wasser, sowohl bei dessen Aufnahme, als

1) Zur technischen Analyse der Tone, von Zschokke. Sonderabdruck aus der „Baumaterialienkunde" Heft 10 u. 11. 1902.



auch bei dessen Abgabe zeigen. Es gehört dahin die Wassersaugekraft der Tone, deren damit sich einstellende Klebrigkeit, Schlüpfrigkeit, Verschmierbarkeit, Bildsamkeit, Formbarkeit, — bekannte Eigenschaften, die wir mit dem allgemeinen Namen Plastizität bezeichnen und die sich beim Fortgehen des Wassers, sei es durch Trocknen oder Glühen unter Hinzukommen chemischer Wirkungen, als Schwinden äußern.

Man kann dieses Vermögen der Aufnahmefähigkeit an Magerungs- oder auch Verbesserungsmitteln mit einer gewissen Sicherheit nur auf empirischem und indirektem Wege bestimmen und zwar in verschiedener Weise. Die in ihrer Einfachheit brauchbare und von anderen in der Literatur anerkannte Prüfungsmethode des Verfassers möge hier als die älteste zuerst beschrieben werden [1]).

a) Mit Hilfe von Quarzpulver oder Sand unter Beobachtung des Abstaubens oder der Ablösbarkeit der Sandteile.

Der Grad des Bindevermögens eines Tones, ausgedrückt in einer bestimmten Zahl, läßt sich ermitteln durch ein Titrieren des Tones mit Sand und Feststellung des geringeren oder größeren Zusammenhaltes der Teile der so gebildeten und getrockneten Gemenge.

Diese Bestimmung wird vorgenommen, indem man zu dem zu prüfenden Tone die 1, 2, 3 usw.-fache Volumenmenge stets gleich feinen Quarzpulvers oder Sand hinzusetzt, alsdann die Gemengteile sorgfältig, erst trocken, dann im breiartigen Zustande vollständig vermischt [2]), hierauf Proben in Gestalt kleiner Zylinder formt, welche mit der Zahl, die der Quarz- oder Sandmenge entspricht, numeriert werden und sie zuletzt genügend trocknet. Werden endlich die einzelnen und zwar keinesfalls mehr warmen Proben durch gelindes Streichen gegen den Ballen des Zeigefingers geprüft, so wird bei einem gewissen Zusatze stets eine Masse erhalten, welche sich abreiben oder abstreichen läßt. Beim ersten kräftigen Anstreichen findet oft ein geringes Abfallen einzelner Körnchen statt, das aber sehr bald aufhört und von dem der inneren Masse deutlich zu unterscheiden ist. Die Probe, resp. deren Nummer, welche in der beschriebenen Weise gestrichen, ein leichtes und reichliches Abreiben der Teile zeigt, wird als Norm angenommen.

Diese Methode, welche sich von demselben Beobachter und in derselben gleichen Weise mit einer für technische Zwecke genügenden Genauigkeit ausführen läßt, ist einiger Vervollkommnungen fähig, da sie von den möglichen Schwankungen in der Kraft des Angriffs der Prüfungsobjekte abhängig ist, d. h. es wird mehr oder minder dem subjektiven Ermessen anheimgegeben, was unter gelindem Streichen gegen den Ballen des Zeigefingers zu verstehen

---

1) Richters, Untersuchungen über die Ursachen der Feuerbeständigkeit der Tone 1868 bezeichnet die Methode als eine, welche „sehr gute und übereinstimmende Resultate“ gibt. Auch in der Praxis hat dieselbe Eingang gefunden. C. Höna (Leitm. Zentralanzeiger 1892, No. 10) führt an, daß behufs Ermittelung der Tragfähigkeit dünnwandiger Gegenstände die Prüfungsweise eine der zuverlässigsten sei, die wir in der Praxis kennen. In betreff der abfälligen Kritik von P. Jochum in seiner Schrift „Die Bestimmung der technisch wichtigsten physikalischen Eigenschaften der Tone“ (1885) verweise ich auf meine Besprechung und Entgegnung. Chemiker-Ztg. 1885.

2) Um einen sichtlichen Anhalt zu gewinnen, wie weit und vollständig die Durchmischung zu treiben ist, mische man zur Übung weißen Sand mit einem Zehntel roten oder gelben Ton und durchknete alsdann beide im breiartigen Zustande so lange, bis eine völlig gleichmäßige Färbung erreicht ist.

ist. Statt des Fingers als Reibfläche kann man sich einen Pinsels von bestimmter Haarlänge bedienen, mit dem die Probe abgestaubt wird.

Die bezeichnete Prüfungsweise wird dadurch zu einer mehr objektiven, daß man eine rein mechanische Behandlung der Proben mittelst einer einfachen Drehvorrichtung an die Stelle setzt.

Man kann sich dazu eines an einen Tisch anschraubbaren Holzes bedienen, etwa einer Art Nähschraube, welche oben rechtwinklig durchbohrt ist. Legt man durch die runde Öffnung eine horizontale Welle und bringt auf der einen Seite einen rechtwinkligen Arm an, in den ein zurechtgeschnittener gewöhnlicher feiner Anstreichepinsel aus Schweinsborsten gesteckt wird und auf der anderen Seite eine Kurbel zum Drehen, so ist der Apparat in seinen Teilen fertig. Beim Versuche streift der Pinsel, den man statt ihn rotieren zu lassen, sich besser hin und her bewegen läßt, an den bis zur Hälfte des Zylinders fest und unausweichbar eingespannten Tonproben vorbei. Stellt man die Vorrichtung jedesmal genau so ein, daß der Pinsel die Proben nicht blos oben berührt, sondern in gleichem Übergreifen um einige Millimeter umfaßt und zählt das Hin- und Herstreichen gleichmäßig in bestimmter Zahl ab, so läßt sich unter Beobachtung der folgenden Vorsichtsmaßregeln bei ein und denselben Proben ein überraschend sicheres Zutreffen beobachten. Auch ist diese Prüfungsart im ganzen einfach und nicht zeitraubender als die vorgenannte. Ferner sind es noch zwei Momente: das Abmessen und die Kornbeschaffenheit des Sandzusatzes, deren exaktere Regelung imstande ist, die Methode zu verschärfen, um für die Praxis genügend maßgebende Resultate zu geben, wenn dieselbe auch immerhin auf vollständige wissenschaftliche Genauigkeit keinen Anspruch erheben kann.

Das Messen, sofern es auf vorhergegangener Gewichtsbestimmung fußt, ist für den stets eine bedeutende Größe, ein Vielfaches bildenden Sandzusatz der einfacheren und rascheren Handhabung wegen, als hinreichend sicher beizubehalten, dagegen wird die Genauigkeit erhöht, wenn man sich die ein für allemal als Einheit dienende kleine Tonmenge stets abwägt. Bei einer verhältnismäßig kleinen Menge kann, je nachdem das Abstreichen der Messprobe mehr oder weniger scharf geschieht, ein Fehler gemacht werden, der unbemerkt das Resultat zu beeinflussen vermag. Es empfiehlt sich daher, wenn man etwa 0,1 ccm des feinstgeriebenen und durch ein Sieb mit 225 Maschen [1]) auf den Quadratzentimeter gesiebten Tones als Einheit annimmt, dafür als Gewicht in runder Zahl ein dem Quarzpulver [2]) gleiches von 0,16 g zu setzen.

Der Sandzusatz wird alsdann nach wie vor abgemessen mittelst geaichter kleiner knöcherner oder hölzerner vertiefter Löffel oder Zylinder; von dem gekörnten Sandpulver, wovon 0,1 ccm = 0,16 g wiegt, entsprechen genau 1, 2, 4, 6 Gewichts- den bezüglichen Maßteilen des Sandpulvers.

In betreff der Korngröße des Sandes hat eine zu große Feinheit den Nachteil, daß alsdann das Abkörnen der Proben weniger deutlich hervortritt. Eine gewisse Korngröße ist daher nur zweckmäßig, womit indes andererseits, um nicht an Gleichmäßigkeit bei der Herstellung der Proben zu verlieren, nicht zu weit gegangen werden darf. Ein Sieben eines von fremden Beimengungen

1) Ein nicht allzufeines Sieb, das die beigemengten Sandkörner leichter durchfallen läßt, ist absichtlich gewählt.

2) Die spezifischen Gewichte der verschiedenen Quarzvarietäten, welche nicht sehr differieren, sind einander als gleich genommen.

freien natürlichen reinweißen Quarzsandes[1]), welcher durch ein Sieb von 225 Maschen auf den Quadratzentimeter fällt und von dem alsdann der Staubsand durch ein solches von 1296 Maschen abgesiebt worden, scheint so den genannten Bedingungen am entsprechendsten. Von einem so erhaltenen Sande sind am zweckmäßigsten gleiche Maßteile mit einander zu vermischen. Dieses Gemenge dient dann als das bezeichnete Titriermittel.

Um das Zutreffen vorstehender Angaben einer Kontrolle zu unterwerfen, wurde einer der bindendsten oder fettesten Tone, die es gibt, und um uns an einen aufgestellten Normalton zu halten, der beste belgische Ton mit 10, 20 und 30 Proz. eines Magerungsmittels, und zwar mit gebranntem feinsten Altwasser Ton No. 1 (gesiebt durch ein Sieb von 1296 Maschen auf den Quadratzentimeter) versetzt und wurde alsdann ermittelt, wie weit sich das damit notwendig abnehmende Bindevermögen in einer gewissen regelmäßigen Übereinstimmung verfolgen und feststellen läßt.

Nachdem der belgische Ton in den bezeichneten Verhältnissen mit feinstem Altwasser Schamottemehl, beide bei 100 ° C getrocknet, auf das innigste erst trocken und dann breiartig vermischt worden, hierauf 0,16 g des Gemenges abgewogen und je mit der 10-, 11-, 12-, 13- und 14-fachen Menge des doppelt gesiebten Sandes ebenso vollständig vermengt war, wurden die betreffenden Proben geformt, entsprechend numeriert und bei 100—120 ° C getrocknet.

Bei dem Verkneten des Tones mit dem Sande ist darauf zu achten, daß dies so lange fortgesetzt wird, bis kein Tonbrei mehr, wenn auch noch so wenig, aus der Masse, sei es streifenweise oder stellenweise, hervortritt. Auch ist die Menge des zugesetzten Wassers nicht gleichgültig, sondern man muß einen jedesmal annähernd gleich steifen Brei zu erhalten suchen. Die Wassermenge darf nicht zu reichlich sein, da sonst die getrockneten Proben sich loser[2]) verhalten oder sich leichter abreiben lassen. Der Wasserzusatz ist so abzupassen, daß sich das Gemenge gut formbar zeigt, aber es darf nicht auseinanderfließen; hat letzteres aus Versehen stattgefunden, so sind die Proben vorher zu trocknen und dann von neuem mit Wasser vorsichtig bis zu dem gedachten und bei einiger Übung bald zu treffendem Punkte zu versetzen.

Schließlich wurden die in Gestalt kleiner Zylinder geformten und in einer mit Tuch gepolsterten Reißfeder eingespannten, völlig abgekühlten aber noch trockenen Proben mittelst der oben beschriebenen Drehvorrichtnng mit dem 2 cm langen und an seinem dicksten Ende 1 cm breiten Borstenpinsel behandelt. Der Pinsel bestrich dabei 3—5 mm übergreifend und 25 mal auf- und abgehend die Poben, so daß jede Probe 25 Pinselstriche erhielt.

Die ungemagerten belgischen Prüfungskörper ergaben: Probe No. 10 wie 11 und 12 zeigen keinen Angriff des Pinsels, es läßt sich höchstens ein ganz geringes Abstauben bemerken. Bei Probe No. 13 beginnt ein leiser Angriff, welcher bei No. 14 ziemlich, aber erst bei No. 15 deutlich hervortritt[3]) und

1) Derselbe darf selbstredend Wasser nicht irgend wie trüben und ist im letzteren Falle vorher sorgfältigst zu waschen.

2) Es können so Schwankungen eintreten und kann alsdann eine niedere Probe gleich einer höheren und selbst weniger fest als diese erscheinen.

3) Genau dieselben Zahlenwerte gaben wiederholt hinter einander, aber nicht gleichzeitig hergestellte Proben. Als dritter Versuch wurden die Proben hierauf, nachdem sie zur einmaligen Bestimmung gedient hatten, zerdrückt, mit Wasser wiederum angemacht, geformt, getrocknet und von neuem geprüft, wobei sich dann ein allerdings leichteres Abreiben der Proben, das aber nur ½ bis höchstens 1 Teil betrug, herausstellte.

sich in der doppelten Weise sowohl durch ein sichtbares Abfallen der Sandkörnchen, sowie gleichsam ein Abgefressensein der betreffenden Probe zu erkennen gibt. Als Kennzeichen stellt sich hierbei heraus: Ist das Abreiben gering, so erscheint die abgefressene Fläche konvex, ist es stärker, so hat sie ein konkaves, ausgenagtes Ansehen und ist es noch reichlicher eingetreten, so zeigt sich die abgeriebene Fläche völlig eben, wie abgerapselt.

Nimmt man ein deutliches Abreiben, welches mit dem konkaven Ansehen der abgeriebenen Probe bereits eintritt, als Norm an, so erhält man nach der in Rede stehenden verbesserten Methode für den belgischen Ton das Bindevermögen = 14—15, d. h. also vier Nummern höher, als es früher nach der alten Bestimmungsweise von mir gefunden wurde. Da diese höhere Zahl um so annehmbarer ist, weil sich damit die Skala erweitert, also an Meßbarkeit gewinnt, so erscheint es zweckdienlich, keinen steiferen Pinsel, sowie auch kein reichlicheres Bestreichen, als zur bezeichneten Kennzeichnung ausprobiert und angegeben ist, zu wählen.

Wird der um 10 Proz. gemagerte belgische Ton ebenso versetzt, verknetet, geformt, getrocknet und die Proben bestrichen, so zeigt die gleichfalls wiederholte Bestimmung bereits ein beginnendes Abreiben der Probe 12 und ist der Angriff ein deutlicher bei No. 13. Die 10 proz. Magerung haben also entschieden das Bindevermögen völlig um einen ganzen Zusatz vermindert. Desgleichen zeigt die Prüfung des um 20 Proz. gemagerten belgischen Tones bereits für die Probe No. 11 ein ziemlich deutliches Abreiben, so daß hier das Bindevermögen = 11—12 zu setzen ist. Ferner tritt bei dem um 30 Proz. gemagerten belgischen Ton, gemäß dem ebenso doppelt angestellten Versuch, bereits ein deutlicher Angriff bei der 10 prozentigen Probe auf, also ist hier das Bindevermögen = 10.

Mittelst der mehr objektiven, wie verschärften Bestimmungsweise des Bindevermögens ist somit nicht blos die Magerung eines fetten Tones um 10 Proz. augenfällig und sicher nachzuweisen, sondern gibt sich auch die einer größeren Magerung entsprechende sukzessive Abnahme des Bindevermögens maßgebend kund.

Bestimmt man so noch das Bindevermögen der übrigen alten 6 Normaltone, so wird für den sehr wenig bindenden Altwasser Ton (Kl. I) das Bindevermögen = 3 gefunden. Probe 1 staubt leise ab beim ersten Anstreichen des Pinsels, aber ein deutliches Abreiben und Abfressen zeigt erst die Probe 3. Für den Zettlitzer geschlämmten Kaolin (Kl. II) ergibt sich nunmehr das Bindevermögen zwischen 6 und 7. Probe 3 zeigt das feine Abstauben beim ersten Anstreichen und ein sehr geringes Abreiben, desgleichen No. 4 und 5, No. 6 reibt sich ziemlich und No. 7 deutlich ab. Der früher aufgestellte Mühlheimer Ton (Kl. IV) zeigt erst bei Probe 12 ein leises Abstauben und geringes Abreiben, desgleichen No. 13. Probe 14 reibt sich deutlich, ziemlich glatt. Das Bindevermögen stellt sich = 14. Der Grünstädter Ton (Kl. V) gibt das Bindevermögen = nahe 12. Probe 9 und 10 lassen ein feines Abstauben und einen ganz leisen Angriff, Probe 11 ein ziemliches und 12 ein deutliches Abreiben beobachten. Der Ton von Oberkaufungen (Kl. V) gibt das Bindevermögen = nahe 13. Probe 11 und 12 zeigen ein feines Abstauben und leisen Angriff, Probe 12 ein ziemliches und 13 ein deutliches Abreiben. Der frühere Ton von Niederpleis (Kl. VII) gibt endlich das Bindevermögen = 11. Probe 10 läßt bereits ein ziemliches Abreiben und 11 ein konkaves Abfressen wahrnehmen. Für alle Tone ist mit der neuen Methode die Zahl für

das Bindevermögen eine größere geworden, womit wie gesagt, die Skala erweitert ist.

b) Nicht bloß indirekt, sondern von einer anderen Beobachtung ausgehend, ließe sich das Bindevermögen ermitteln aus der Größe der Wasseraufnahme der Tone, wovon die fetten oder die meist bindenden mehr aufnehmen[1]), um eine bildsame Masse zu geben, als die weniger fetten und die magern.

Je plastischer ein Ton ist, desto mehr Wasser nimmt er auf, d. h. desto mehr Wasser muß man dem trockenen Tone zusetzen, um damit einen Teig von einem gewissen Grade der Weichheit zu bilden, sowie andererseits desto längere Zeit erforderlich ist, diesem Teig das Wasser zu entziehen. Unter der Voraussetzung, daß die so aufgenommene Wassermenge dem Bindevermögen eines Tones proportional sei, würde somit die Ermittelung des Bindevermögens auf die des aufgenommenen Wassers hinauslaufen und daher nur zur Feststellung von diesem eine zuverlässige Methode zu wählen sein. Gleichzeitig findet sich aber ein wechselnder und zuweilen selbst recht bedeutender Kohlegehalt in den Tonen.

Bekannt ist die hygroskopische Eigenschaft der Kohle[2]), sowie, daß ein humusreicher Boden weit mehr Feuchtigkeit anzieht, aufnimmt und auch zurückhält, als ein humusarmer. Durch die Kohlebeimengung wird aber nicht nur die genaue Bestimmung des Wassers erschwert, sondern, was in dem vorliegenden Falle entscheidend ist, die Wassermenge überhaupt viel höher gefunden, als sie der dem Ton angehörigen entspricht, und würde demgemäß ein mehr kohlehaltiger Ton mehr bindend erscheinen, als ein kohlefreier, wenn auch sonst beide Tone hinsichtlich ihrer Plastizität gleich sind. Aus der Wasseraufnahme vermag man daher das Bindevermögen nur in kohlefreien oder sonst sehr gleichartigen Tonen zu bestimmen.

Einen etwas besseren, doch aus den besagten Gründen nicht fehlerfreien Anhalt für die Wasseraufnahme überhaupt, gibt die Ermittelung der Wasseranziehung des völlig trockenen Tones in einer mit Wasserdampf gesättigten Atmosphäre unter einer Glasglocke[3]).

In den bei 110° C getrockneten 7 Normaltonen wurde so gefunden als Maximum der Wasseranziehung, was hier des relativen wenn auch nicht einwandfreien Vergleichs halber angeführt werden soll:

Bei dem Höchstbindenden (B in früherer Bestimmung = 10—11), dem besten belgischen Ton (Kl. III) 10,73 Prozent.

Bei dem nächstbindenden (B = 9—10), dem Mühlheimer Ton (Kl. IV), 10,46 Prozent.

Bei dem wenigstbindenden (B = 1—2), dem Altwasser Schieferton (Kl. I), 3,26 Prozent.

Ferner ergeben sich als unter sich abweichend für den Grünstädter Ton (B = 8) 7,43 Proz.; für den von Oberkaufungen (B = 9) 6,88 Proc. und für den von Niederpleis (B = 8—9) 6,55 Prozent.

---

1) cf. auch Aron, Plastizität, Schwindung usw., Notizbl. 1873, S. 171 und siehe oben.

2) Finden sich im Tone, wenn auch nur kleine Mengen Tonerde-, Eisenoxyd wie Kieselsäurehydrat, so bewirken auch diese ein Wasseranziehen.

3) cf. der Verf. Dinglers Journ. 196, S. 438. Beiläufig bemerkt gibt das hygroskopische Wasser oder das Wasser, welches der lufttrockene Ton bei einer Temperatur von 110° C verliert, keinen Anhalt für die Bestimmung des Bindevermögens.

Am abweichendsten und unzutreffendsten verhält sich der Zettlitzer geschlämmte Kaolin, welcher mit dem Bindevermögen = 3 doch die außerordentliche Maximal-Wasseranziehung von 8,90 Prozent aufweist.

Dieses auffallende und völlig abnorme Ergebnis verlangt eine nähere Erklärung, welche indes naheliegend ist und auf die hier bestimmenden Momente hindeutet [1]).

Unter sämtlichen Normaltonen ist der geschlämmte Zettlitzer Kaolin am spezifisch leichtesten, d. h. auf dasselbe Gewicht bezogen gibt er ganz augenscheinlich die größte Raum- oder Volumenmenge oder ist er am voluminösesten. Bei einer voluminösen oder mehr lockeren Masse ist aber die Oberflächenanziehung größer und wird daher bei sonst gleichen Verhältnissen von einen solchen mehr Wasser aufgenommen, als von einer spezifisch schwereren oder mehr dichten. Bei voluminösen Tonen wird daher das Bindevermögen, wenn man dasselbe aus der Wasseraufnahme in der bezeichneten Weise bestimmen will, zu hoch gefunden, ja, wie der vorliegende Fall zeigt, kann dies in sehr erheblichem Grade geschehen.

c) Des unversetzten Tones unter Beobachtung der Zerdrückbarkeit oder der Zerreisbarkeit desselben.

Der erste Weg ist von Jochum, der zweite von Olschewsky wie auch von Zschokke befolgt worden. Jochum beschreibt in der oben bereits erwähnten und recht bemerkenswerten Schrift den Apparat, dessen er sich zu seinen Versuchen bediente.

Dieser besteht aus einer Belastungsschale und einer Schneide nebst Zubehör. Aus dem zu prüfenden Tone werden Stäbe von 10 cm Länge und 15/15 mm Querschnitt geformt, dann sehr langsam getrocknet und schließlich einen Tag lang einer Temperatur von 30° C ausgesetzt. Die Stäbe werden dann auf einen Querschnitt von 10/10 mm genau beschnitten. Auf diesen präparierten Stab wird mit Maßstab und Zirkel eine Strecke von 5 cm markiert und mit einem Messer etwas tiefer eingekerbt. Der durch eine Klammer befestigte Stab wird hierauf an der eingekerbten Stelle unter die Schneide der Schale gebracht und letztere belastet bis zu erfolgtem Bruch des Tonstabes. Die aufgelegten Gewichte geben das Bindevermögen des Tones oder seine absolute Bruchfestigkeit in Grammen an.

Bedenken sind bei der Ausführungsweise dieses Versuches zu erheben gegen das Zuschneiden des trockenen Tonstabes, da durch eine teilweise Entfernung der äußeren Schicht (Haut) die mittlere Dehnungsfaser verschoben wird, und die Festigkeit mehr oder minder leiden muß. Hinsichtlich des Trocknens fehlt ein genügend bestimmter Ausgangspunkt oder Nullpunkt. Ein achttägiges Trocknen bei der Lufttemperatur, dann einen Tag bei 30° C gibt unzweifelhaft, je nach der Beschaffenheit des Tones und dem Feuchtigkeitsgrade der Luft, unter einander abweichende und daher mehr oder weniger unsichere Resultate. Wie weit die Sicherheit der Resultate beeinträchtigt wird, läßt sich leider nicht genauer beurteilen, da der Autor nicht durch Originalzahlen die Übereinstimmung wiederholter Versuche mit demselben Material in

1) Beiläufig bemerkt ist das geringe Bindevermögen des Zettlitzer Kaolins oder dessen „Kürze“ nicht in einer großen Beimengung von unzerzetzten Mineraltrümmern (cf. Aron, Notizbl. 1873, S. 171, 187 und 192) zu suchen, da sich nach den Bestimmungen von Seger (Notizbl. 1876, No. 14) in diesem Kaolin ganz bedeutend weniger Mineraltrümmer finden, als in den ebenso untersuchten fetten Tonen von Liegnitz und Kottiken.



verschiedenen Zeiten gebracht hat. Auch diese Bestimmungsweise des Bindevermögens läßt daher noch zu wünschen übrig, und es fehlt uns somit bis jetzt streng genommen eine Methode, die als eine wissenschaftlich exakte bezeichnet werden kann. In neuester Zeit hat Jochum beachtenswerte Versuche in besonders eingehender Weise angestellt, indem er (siehe nachfolgend Olschewsky) die Zugfestigkeit ermittelte und die sehr zahlreichen Resultate in graphischer Darstellung zur Anschauung brachte. (Jochums Vortrag im Pfalz-Saarbrücker Bezirksverein deutscher Ingenieure, Juli 1894.)

Olschewsky bestimmt zur Ermittelung der Bindung der Tonteile als solcher unter einander oder der Kittfähigkeit eines Tones die Festigkeit desselben im lufttrockenem Zustande, indem unmittelbar aus dem zu prüfenden Tone Achtformen (8) ausgedrückt werden und diese, nachdem sie getrocknet sind, im Zementprüfungsapparat zerrissen werden. Was dabei unter lufttrocken zu verstehen ist oder ob von einem festen Nullpunkt ausgegangen und derselbe kontrolliert wird, findet sich nicht näher angegeben. Beiläufig bemerkt fand Olschewsky unter verschiedenen so versuchten Tonen solche, welche pro Quadratzentimeter bis zu 20 kg Zerreissungsfestigkeit aufweisen, während sie bei anderen kaum 1—2 kg betrug. (Töpfer-Ztg. 1882, No. 29).

Verfahren, welche wegen offenbarer Mangelhaftigkeit der Ausführung keinen Anhalt bieten können, wohin ein Keramik 1869, No. 11 angegebenes über die Zerdrückbarkeit von mit Sand versetzten Tonproben gehört, wie ein anderes, wonach eine sehr unvollständig ausgeführte Bestimmung der vom Tone aufgenommenen Wassermenge ein dem Bindevermögen proportionales Verhältnis ergeben soll, scheinen eine nähere Besprechung hier nicht zu verdienen. Die durch den Kohlegehalt in den Tonen beeinflußte Wasserbestimmung überhaupt und die damit verbundene Fehlerhaftigkeit ist bereits oben abgehandelt worden.

Zum Schluß erwähne ich noch kurz der Vollständigkeit halber die praktischen Proben, an die man sich bei der Ermittelung der Bildsamkeit zu halten sucht.

Praktische, wenn auch mangelhafte Prüfung der Bildsamkeit. — Hinsichtlich der Verarbeitung eines Tones im allgemeinen muß ein aus demselben bereitetes, länglich zylinderförmiges Stück sich zu einem Ringe zusammenlegen lassen, ohne daß letzterer auseinanderreißt und Sprünge bekommt. Formt man aus dem Tone Kugeln von verschiedener Größe, so sollen sich diese ungefähr um die Hälfte ihres Durchmessers verflachen lassen, ohne an den Rändern Risse zu zeigen, und bildet man aus dem gut durchkneteten Tone einen Ring von Fingerdicke, so verlangt man, daß sich derselbe wiederholt vor und rückwärts biegen lasse.

Als Maßstab zur Vergleichung der Bildsamkeit verschiedener Tone hat man die Länge von freihängenden Fäden genommen, welche sich aus einer Henkelpresse heraustreiben lassen, bis sie durch ihre eigenes Gewicht abreißen; oder bei zwei verschiedenen Massen, die aber gleichen Wassergehalt und gleiche Feinheit haben, schätzt man ihre relative Plastizität nach der Länge, bis zu welcher sich ein Ballen ausrollen läßt, ohne zu zerreißen.

Um unter zwei sonst sehr gleichartigen fetten Tonen den fetteren, also tonreicheren oder sandfreieren zu ermitteln, fand der Verfasser folgendes einfache empirische Verfahren ausreichend. Ermittelt man mittels Zutropfen, wie viel Wasser eine bestimmt abgemessene Menge der beiden Tone gebraucht,

um eine gleich formbare Masse zu geben, so läßt sich deutlich herausfinden, daß das tonreichere Material mehr als das tonärmere erfordert. Versetzt man zur Kontrolle beide mit der gleichen Menge und drückt die steife Masse aus einer engen Röhre (etwa von Bleistiftdicke) heraus bis auf eine kleine Entfernung von 10 mm und beobachtet nun das Biegen der Thonstäbchen, so wird der mehr magere Ton sich entschieden mehr biegen, als der mehr fette. Auch dürfte der größere oder geringere Grad der Steifigkeit ähnlich wie bei Zementproben durch eine dabei benutzte Nadel zu ermitteln sein.

Selbstredend können solche von verschiedenen wie wechselnden Bedingungen und Umständen abhängige empirische Proben, welche ohne Bezug auf eine zahlenmäßige Einheit nur ein und derselbe und in derartigen Versuchen sehr geübte Techniker mit annähernder Genauigkeit ausführen kann, keinen Anspruch auf eine größere, geschweige eine wissenschaftliche Zuverlässigkeit machen, sie vermögen aber einen unter sich genügenden Maßstab abzugeben.

3. Bestimmung des Schwindens.

Das Schwinden des Tones, welches sich äußert in dessen Zusammenziehen oder Verdichten beim Trocknen und Brennen, hängt, wie schon oben in dem ersten Kapitel erwähnt worden ist, nicht blos von den bedingenden und bei verschiedenen Tonen sich ändernden Ursachen ab, sondern wird auch außer dem Temperaturgrad durch mannigfache Umstände bei dessen Ermittelung beeinflußt. Die Feststellung des Schwindens gibt daher für den einen oder andern Thon wechselnde Resultate, und lassen sich nur für einen bestimmten Fall, d. h. für das gerade vorliegende und in bestimmter Weise untersuchte Tonmaterial feste Anhaltspunkte hinsichtlich bestehender Gesetzmäßigkeiten erlangen.

Handelt es sich blos darum, welche Veränderungen überhaupt ein Ton im Feuer erleidet, so lassen sich diese einfach ermitteln, wenn man daraus gleiche Stücke formt oder noch augenfälliger, wenn man ein einziges solches Stück durchteilt und eins davon brennt. Es ergibt sich dann, wie weit sich das gebrannte Stück gegenüber dem zugehörigen nicht gebrannten in seiner Form oder auch sonstwie in der Regel geändert hat.

Das Schwinden bildet nicht nur ein Untersuchungsmittel, sondern dient auch in den Fabriken nicht selten als Maß zur Beurteilung des Garbrandes. Man feuert den Brennofen so lange, bis die darin eingesetzte Ware bis zu einem gewissen Punkte zusammengesunken ist oder sich gesetzt hat. Will man hierbei die Schwankungen oder vielmehr Irrtümer vermeiden, welche durch die Differenzen im Feuchtigkeitsgehalte hervorgerufen werden, so ist das Messen erst vorzunehmen, nachdem die Beschickung in dunkle Rotglut gekommen ist. Um noch die Differenzen kennen zu lernen, welche sich infolge von Veränderungen in den Materialien zeigen, müssen die Schwindungsbestimmungen von Zeit zu Zeit wiederholt werden. [1])

Aron, der das Schwinden beim Trocknen an dem ungebrannten Ton methodisch eindringend studierte, schlämmt den fraglichen Ton in dem Schöneschen Apparat mit einer minimalen Stromgeschwindigkeit von 0,008 mm in der Sekunde. Nachdem in der Schlämmflüssigkeit die sogen. Tonsubstanz sich

1) In neuerer Zeit ist ein empfindlicher Kontrollapparat zur Ermittelung des Brennprozeßes von Ricklefs in Anwendung, womit nach der Behauptung desselben für das Schwinden des Ofeneinsatzes Teile eines Millimeters gemessen werden können. cf. Tonind.-Ztg. 1894, No. 38. Ferner s. m. Anwendungsweise nebst Abbildung des Apparates, Töpfer- u. Zgl.-Ztg. 1893, No. 34.



abgesetzt hat, wird das Wasser mittels eines Hebers abgezogen. Der flüssige Bodensatz wird alsdann auf ein dichtes angefeuchtetes Tuch, das über eine trockene poröse Gipsplatte gebreitet ist, gegossen, und wenn sich die Masse genügend verdickt, als ein Teig von dem Tuche entfernt. Der Teig wird nun in eine Gipsform gestrichen. Sobald die Masse infolge beginnender Schwindung sich von der Form gelöst hat und genügend steif ist, wird sie zu einem Prisma geformt und dasselbe auf eine gewogene Glasplatte gelegt. Auf der geglätteten Oberfläche wird ein Durchmesser mittels eines feinen Striches gezogen und von diesem durch zwei auf ihm senkrechte, der Peripherie möglichst naheliegende feine Schnitte eine gewisse Länge abgegrenzt und diese gemessen.

Die Herstellung guter scharfer Marken erfordert besondere Sorgfalt. Als Meßapparat diente Aron ein geteiltes Lineal von Messing mit Nonius, das an zwei auf einem Brette befestigten Leisten festgeschraubt war. Auf das Brett wurde die Glasplatte mit dem zu messenden Tonprisma unter das Lineal geschoben. Der Nonius trägt zweckmäßig eine Lupe mit Fadenkreuz. Jede Messung ist durch Wiederholung zu kontrollieren.

Bei Vergleichung von zwei Messungen zeigt sich, wofern die Marken gut gelungen, selten eine Abweichung von 0,1 mm, während in anderen Fällen zuweilen Abweichungen von sogar 0,3 mm eintraten. Nachdem die Entfernung der beiden Marken festgestellt ist, wird sofort die Glasplatte samt dem feuchten Tonprisma gewogen, woraus das Gewicht des Thonprismas allein sich ableitet, da ja die Glasplatte bereits vorher gewogen worden. Diese Messungen mit den sie begleitenden Wägungen, aus denen die Mengen verdunsteten Wassers und die ihnen entsprechenden linearen Schwindungen sich ergeben sollen, werden in möglichst kurzen Zwischenräumen gemacht.

Schließlich wird, wenn die Wage keine wesentliche Gewichtsabnahme an der Luft mehr anzeigt, die Trocknung bei einer allmählich steigenden, schließlich bei 103° C andauernden Temperatur fortgesetzt, bis das Gewicht konstant bleibt. Aus der letzten Wägung leitet sich das Gewicht des trockenen Tones ab.

So wird eine Reihe von Messungs- und entsprechenden Meßwerten erhalten, aus denen leicht zu ersehen ist, welcher Gewichtsverlust stattfindet und wie lange noch eine Schwindung damit verbunden ist.

Jochum bediente sich bei seinem mit meist anerkennenswerter Sorgfalt ausgeführten Schwindungsbestimmungen (in der oben angeführten Schrift) für die lufttrockenen Proben und auch in hoher Temperatur (Schmiedeeisen-Schmelzhitze und höher) folgenden Verfahrens. Er formt viereckige Stäbe von 200 mm Länge und 15/15 mm Querschnitt und markiert die Länge mit Hilfe eines Zirkels [1]) an allen vier Seiten, wobei von jedem Ton vier solcher Stäbe angewandt werden. Während des Trocknens bringt derselbe die Stäbe, um ein Verziehen oder Werfen zu vermeiden, auf eine polierte Zinkplatte, da diesem Metalle gegenüber der Ton die geringste Adhäsion zeigt. Jeder Stab wird täglich 4—5 mal umgedreht, bis alle Proben lufttrocken sind, was ungefähr am 10. Tage eintritt. Nach dieser Zeit werden die Stäbe auf einem Roste von Holzstiften noch zwei Tage einer Temperatur von 30° C ausgesetzt und dann wieder vermittels des Zirkels die Entfernung der oben erwähnten Marken auf allen vier Seiten abgegriffen, die erhaltenen Zahlen addiert, durch 4 dividiert,

1) Man kann sich bei raschen und direkten Messungen auch eines geeignet eingeteilten Lineals zum Abgreifen oder nach Hecht eines verschiebbaren Millimeter-Maßstabes bedienen, welcher unter Zuhülfenahme einer Lupe noch 0,1 mm abzuschätzen gestattet.



und in Prozenten die Schwindung berechnet. Zur Bestimmung des Schwindens im Feuer benutzte Jochum dieselben Stäbe, die für die Versuche im lufttrockenen Zustande angefertigt waren, nur teilte er alsdann jeden in zwei Teile von genau 10 cm Länge. Es hatte dies den Zweck, je 14 verschiedene solcher Tonstäbe in eine möglichst kleine Muffel behufs des Glühens unterzubringen.

Als Beispiel des Verlaufs des Schwindens der Tone in höheren Hitzegraden mögen hier von dem Verfasser eingehender angestellte Versuche mit zwei Kaolinen (Notizbl. 1888, H. 2) erwähnt werden, wenn auch die Angaben, namentlich hinsichtlich der Glühtemperatur, nur als annähernde zu betrachten sind, und ist hierbei zu bemerken, daß die bezeichneten Temperaturen in verhältnismäßig sehr kurzer Zeit erreicht wurden. Wie bei früheren Versuchen dargelegt wurde, ist für die Schwindung nicht allein die Höhe der Temperatur, sondern auch deren Dauer maßgebend, das heißt, bei längerer Dauer der gleichen Temperatur ist die Schwindung eine andere, resp. eine größere. Die zum Versuch genommenen Kaoline sind: a) der englische Chinaclay aus Cornwall und b) der böhmische aus Zettlitz. Die angegebenen Zahlen bilden das Mittel aus je zwei Bestimmungen. — Die bei 100° C getrockneten und abgemessenen Proben schwanden bei ca. 1250° a) 8,6 Proz. und b) 15,5 Proz.; bei ca. 1400° a) 16,2 Proz. und b) 18 Proz. Mit dieser Temperatur erreichte der Glühverlust oder das ausgetriebene Wasser sein Ende. Die Schwindung setzt sich, wie auch bei meinen Versuchen mit Tonerde gefunden wurde, dennoch zum Teil, aber nur in geringem Grade, weiter fort:[1])

Bei ca. 1640° schwand a) 17,5 und b) 18 Proz.;
„ „ 1720° „ a) 17 „ b) ebenso 17 Proz.;
„ „ 1730° „ a) 16,6 „ b) 16 Proz.;
„ „ 1725° „ a) 16 „ b) 15 „

Bei noch stärkerem Glühen hatten sich die Proben und namentlich die des Chinaclay so krumm gezogen, daß eine genaue Messung nicht mehr anzustellen war. Hieraus ergibt sich:

1. Die größte Schwindung stellt sich beim Fortgehen des letzten chemisch gebundenen Wassers oder bald nachher ein innerhalb der Temperatur von ca. 1250 bis 1400°. Es zeigt sich hierbei innerhalb enger Temperaturgrenzen eine große Empfindlichkeit[2]) hinsichtlich des Schwindens, indem eine geringe Temperatursteigerung eine verhältnismäßig große Wirkung zu Wege bringt.

2. Mit der Temperatur von ca. 1640° tritt unzweifelhaft eine größere Gleichmäßigkeit, ja nimmt man den zweiten Versuch als Norm an, eine völlige ein, so daß die bis dahin sich ergebende Verschiedenheit unter den beiden Kaolinen aufgehoben oder ausgeglichen erscheint.

Was die vorgenannten Temperaturangaben angeht, so wurden zu deren annähernder Feststellung beim Glühen in dem von mir abgeänderten Deville-

1) Das Schwinden geht also beim raschen Glühen noch über den Punkt hinaus, bei dem alles Wasser ausgetrieben ist, während Aron bei der Trockenschwindung fand, daß dieselbe aufhört, noch ehe das Wasser vollständig entwichen ist.

2) Es kann diese Empfindlichkeit, deren möglichst scharfe, wie zutreffende Ermittelung vorausgesetzt, möglicherweise benutzt werden, um kleine Abstände innerhalb dieser Temperaturgrenzen zu kennzeichnen, wie sie vielleicht auf keinem anderen Wege so fein zu beobachten sind. Ebenso dürfte überhaupt eine möglichst sichere Ermittelung der Endschwindung eines bestimmten Tonmaterials einen Anhalt abzugeben vermögen.

schen Ofen folgende feste Punkte ermittelt. Silberschmelzhitze oder 1000° C wird darin beim Durchschlagen der Flamme erreicht, Palladiumsschmelzhitze oder 1500° bei 3 Minuten Glühzeit, Nickelschmelzhitze oder 1600° bei 4 Minuten und Platinschmelzhitze oder 1775° bei 29—33 Minuten, je nach dem Kaliber des Tiegels, der Reinheit des Brennmaterials, des Gebläsedrucks und überhaupt der Instandhaltung der ganzen Einrichtung. Unter Zugrundelegung dieser im ganzen festen Punkte wurde alsdann in bekannter Weise mittels Abszissen (die Zeit in Minuten) und Ordinaten (die Wärme in Graden) eine graphische Darstellung gemacht und so die ungefähren Temperaturen für die Zwischenzeiten berechnet, welche den Glühzeiten, in Minuten ausgedrückt, einigermaßen entsprechen. Es ist dabei zu bemerken, daß bei der raschen Erhitzung die Wirkung keine so ausgiebige ist, als wenn die Erhitzung, wie dies in der Praxis geschieht, in mehr andauernder und daher in mehr sich äußernder Weise erfolgt. Ausgleichen läßt sich diese beschränkte Wirksamkeit durch ein mehrmals wiederholtes Glühen bis zur gleichen Temperaturhöhe und Konstanz der Erscheinungen, sowohl der physikalischen wie der pyrometrischen. Für sehr hohe Hitzegrade ist noch hinzuzufügen, daß die Minutenzahl nicht ausschließlich maßgebend erscheint, da hier das Tiegelmaterial mit entscheidet, je nachdem dasselbe mehr oder weniger abschmilzt und dadurch die Stärke der Wandung sich vermindert und alsdann die erreichte Temperatur leichter durchdringt.

3. Mit der Temperatur von ca. 1720° hat sich in der Tat mit dem deutlichen Erreichen der Endschwindung, wie die Zahlen zeigen, eine Übereinstimmung in doppelter Hinsicht eingestellt.

4. Mit der Temperatur von ca. 1730° nimmt augenscheinlich die Schwindung ab, d. h. es tritt ein Wachsen der Proben infolge von Aufblähung ein, was in der höheren Temperatur noch mehr hervortritt.

Wurde endlich die Temperatur noch etwas höher gesteigert, so stellte sich ein starkes Krummziehen der erweichten Proben ein, was wie gesagt ein genaues Messen nicht mehr zuließ, weshalb dann die weiteren Versuche aufgegeben wurden.

Das Schwinden für die untersuchten Kaoline nimmt somit nicht stufenweise gleichmäßig zu, sondern steigt anfangs sprungweise und rasch, und zwar bis dahin, wo es mit dem völligen Glühverluste zusammentrifft, dann tritt ein allmählicher Stillstand ein, womit die bezeichnete Konstanz in doppelter Weise erreicht wird, um schließlich zur umgekehrten Erscheinung, dem Wachsen durch Aufblähen überzugehen. Ein im wesentlichen gleiches Resultat fand Jochum[1]) bei einer Reihe von 16 untersuchten verschiedenen Tonen hinsichtlich der Zunahme des Schwindens bis zu einer bestimmten Temperatur, der hierauf ein Stillstand folgt, bis dann in noch höherer Temperatur sich eine Ausdehnung infolge pyro-chemischer Prozesse einstellt.

Folgender beim Glühen des Kaolins hinsichtlich des Schwindens wie der Dichtigkeit zu beachtender Eigentümlichkeiten sei hier gedacht:

Nach umfassenden Versuchen von Hecht[2]) schwinden unter einer Reihe von Kaolinen gegenüber mehr oder weniger plastischen Tonen, letztere in Silbersemelzhitze stets mehr und zeigen sie auch häufig eine größere Endschwindung. Derselbe Autor bestimmte auch bei den angeführten Versuchen die Dichtigkeit der Kaoline wie plastischen Tone in verschiedenen Temperaturen.

1) Jochum. „Bestimmung der Tone" 1885.
2) Tonind.-Ztg. 1891, No. 17 u. 18.

Es ergab sich daraus die interessante Beobachtung, daß die Dichtigkeit durchweg und in verhältnismäßig geringer Temperatur bei den Kaolinen eine ansehnlich größere ist. Dieselbe nimmt bei zunehmender Temperatur langsam ab, während sie sich bei den plastischen und leichter schmelzbaren Tonen rasch und sehr bedeutend vermindert.

Bei den Kaolinen dürfte hinsichtlich dieser Abnahme das pyrometrische Verhalten einen Maßstab abgeben und die Verdichtung um so länger bei der Steigerung der Temperatur anhalten, je schwerer schmelzbar der bezügliche Kaolin ist, weshalb in dieser Beziehung die Glüherscheinungen weiterhin zu verfolgen sind.

Weiterhin mögen noch als Beispiel des verschiedenen Verlaufs des Schwindens bei fetten und pyrometrisch tiefer stehenden Tonen gegenüber den Kaolinen einige Bestimmungen mit zwei Proben a und b des bekannten Grünstädter Tones (Normalton der V. Klasse) folgen. Ein Wachsen durch Aufblähen tritt hier, wie leicht erklärlich, früher ein.

Dunkelbrauner Ton a. Blauer Ton b. Nach dem Glühen der bei 100° C getrockneten Proben wurde bei 1000—1100° C in reduzierender Atmosphäre gefunden:

Ton a.	Ton b.
Erscheint graublau mit wenigen schwarzen Punkten. Der Bruch ist wenig krugartig, verdichtet.	Graublau mit vereinzelten schwarzen Pünktchen. Bruch krugartig, verdichtet, steinhart.
Ist geschwunden 9 Proz. lin.	Geschwunden 10,5 Proz. lin.

Geglüht desgleichen bei circa 1500° C:

Ton a.	Ton b.
Erscheint graublau mit wenigen feinsten schwarzen Pünktchen. Bruch krugartig verdichtet.	Lichtgraulich mit schwarzen Flekken. Bruch krugartig verdichtet, etwas löcherig.
Geschwunden 3 Proz. lin. (ist also durch Aufblähung 6 Proz. lin. gewachsen).	Geschwunden 6 Proz. lin. (ist auch gewachsen, aber weniger, nur 4,5 Proz. lin.).

Im allgemeinen: je fetter ein Ton, um so mehr schwindet er beim Trocknen. Die plastischen Tone schwinden in Silber-Schmelzhitze mehr als die Kaoline und zeigen diese gegenüber jenen in gesteigerter Temperatur ein entgegengesetztes Verhalten.

4. Bestimmung der Porosität oder Festigkeit.

Die Porosität einer lufttrockenen oder geglühten Tonmasse, wovon die Ursache in eingeschlossener Luft oder entweichenden Gasen, wie oben schon erörtert worden, zu suchen ist, wird nach verschiedenen Methoden ermittelt.

Bei der Porosität ist die Verschiedenartigkeit der Poren in Betracht zu ziehen; so spricht man von Feinporigkeit, Grobporigkeit, auch von völliger Porenlosigkeit. Was die nähere Beschreibung der Poren angeht, dürften für die Praxis nach Ansicht von Schumacher (Sprechsaal 1883, S. 628) folgende abstufende Bezeichnungen, wie „starkporig“, „schwachporig“, „kaum noch porig“ und „dicht gesintert“ genügen.

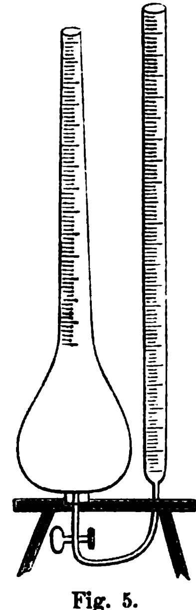
Im allgemeinen besteht die Porositätsbestimmung darin, daß die poröse Masse erst lufttrocken und hierauf mit Wasser oder Öl getränkt, gewogen wird. Aus der Differenz läßt sich der so gefundene Porenraum berechnen.

Aron machte folgende „bequeme", wenn auch der wissenschaftlichen Schärfe entbehrende Bestimmung der Porosität im gebrannten Tone bekannt. Man kocht die gebrannten, vorher gut ausgetrockneten und gewogenen Proben einige Zeit (3—4 Stunden) in destilliertem Wasser, bis die Luft aus den Poren ausgetrieben ist und läßt sie dann unter Wasser abkühlen. Eine in dieser Weise mit Wasser gefüllte Probe wird hierauf herausgenommen, schnell oberflächlich abgetrocknet und in einer geschlossenen tarierten Flasche gewogen. Die eingesogene Wassermenge im Verhältnis zu dem Gewicht der trockenen Probe liefert ein Maß für die Porosität. Zufällig vorhandene Hohlräume und Luftblasen, die sich gleichfalls mit Wasser vollsaugen, werden selbstredend so mitbestimmt. Die Methode ist daher nicht fehlerfrei und leidet an der Schwierigkeit, ein Material gleichmäßig und vollständig mit einer Flüßigkeit zu durchtränken, welche je nach dessen Beschaffenheit sehr bedeutend ist. Daher sind verschiedene Proben untereinander nach diesem Verfahren nicht zu vergleichen, aber bei Beobachtung derselben Probe in verschiedenen Brennstadien ist dasselbe brauchbar. Eine eingehendere Besprechung findet sich „Ziegel und Zement" 1903 Nr. 1 „Dichte der Ziegelfabrikate". (Aron, Notizbl. X, S. 133).

Für ungebrannten Ton wendet Olschewsky Toluol an, welches denselben nicht angreift. Für gebrannte Steine macht derselbe darauf aufmerksam, daß diese oft oberflächlich gesintert, aber innen stark porös sein können und betont daher zur Porositätsbestimmung innere Bruchstücke zu nehmen. (Töpfer-Ztg. 1880, S. 196 u. 234).

Die Porosität einer Steinfläche prüft man am einfachsten in der Weise, daß man eine Flüssigkeit an verschiedenen Stellen auftropft und die Zeitdauer des Einsaugens beobachtet.

Eine nur auf einfacher Wägung und Messung beruhende Methode führt derselbe Autor in seinem Katechismus S. 320 an. Sie gründet sich darauf, daß alle Tone bis zum Stadium des gewöhnlichen Hartbrennens ein ziemlich gleiches spezifisches Gewicht aufweisen sollen, welches man im Mittel zu 2,6 annehmen könne. Gibt nun ein ccm gebrannter Tonmasse ein geringeres Gewicht, so ist aus der Differenz der vorhandene Porenraum berechenbar. Daraufhin stellt Olschewsky eine Tabelle auf, in welcher sich aus dem Volumengewicht von 1 ccm in Grammen die Porosität in Raum- und Gewichtsprozenten sofort ablesen läßt. Ausdrücklich fügt indes der genannte Verfasser hinzu, daß für diejenigen Steine, welche bei ca. 1000° C und darunter gebrannt sind, die Ermittelung der Porosität aus dem Volumengewicht (wegen der Ausdehnung des Quarzes bei dieser Temperatur und damit vermindertem spezifischen Gewichte) nicht zulässig sei. Hierbei ist zu bemerken, daß bei reichlichem Quarzzusatz die Porosität eines Tongemenges in der bezeichneten höheren Temperatur bedeutend steigt. Es tritt alsdann in der Regel unter Bläschenbildung, die je nach der größeren oder geringeren Zähflüssigkeit der Masse darin mehr oder weniger verbleiben, eine Aufblähung ein.


Fig. 5.

Beiläufig bemerkt bedient sich Olschewsky zur Bestimmung der Porosität eines Sandes oder dessen Gesamthohlraumes (Katechismus der Ziegel-

fabrikation, S. 46, dem wir hier wörtlich folgen) eines kleinen Standgefäßes von 20—30 ccm Inhalt. Dasselbe wird zuvor gewogen und dann auf ca. $^1/_2$—$^1/_3$ mit Wasser gefüllt. Man schüttet sodann den zu prüfenden Sand unter stetigem Klopfen an die Wandung des Gefäßes ein und führt durch anhaltendes Klopfen den Zustand der engsten Lagerung herbei. Ist das Gefäß gefüllt, so wird das Überstehende glatt abgestrichen (das Gefäß muß zu diesem Zwecke einen breiten ebengeschliffenen oberen Rand haben) und das Gefäß gewogen. Wenn man sodann das Wasser verdunsten läßt, so erfährt man durch die Gewichtsdifferenz den Gesamthohlraum eines bestimmten Sandgewichtes.



Fig. 6.

Hauenschild hat für denselben Zweck einen anderweitigen Apparat benutzt, den er Psammometer nennt, und der mit größerer Schärfe den Gesamtsandhohlraum ermitteln lassen soll. Bei diesem Apparat (Fig. 5) füllt man das birnenförmige Gefäß, dessen Spitze sich in eine längere gradruierte Röhre fortsetzt, bis zur Marke 500 ccm des zu untersuchenden Sandes. Dies Gefäß kommuniziert mit einer genau geteilten Bürette. Das in den birnenförmigen Teil des Gefäßes hineinragende Röhrchen ist mit feiner Leinwand überzogen, um ein Hineinfallen des Sandes zu verhüten. Indem man den Quetschhahn öffnet, wird allmählich Wasser von unten eintreten und in dem durch die aneinanderlagernden Sandkörnchen gebildeten Kapillarröhrensystem in die Höhe steigen. Man darf das aus der Bürette zutretende Wasser nicht zu schnell einlassen und muß zu diesem Zwecke derart manipulieren, daß man das Wasserniveau der Bürette so reguliert, daß es stets etwas tiefer oder höchstens gleich hoch mit dem Niveau des Kapillarwassers in der Birne steht. Dadurch, daß das Wasser von unten in den Sand eintritt, wird die Luft, welche sonst bei genauen Versuchen sich sehr störend verhält, leicht entfernt. Der Sand in der Birne wird, sobald das Wasser zutritt, den Zustand der engsten Aneinanderlagerung einnehmen. Man kann die dabei eintretende Schwindung bequem ablesen. Ist das Wasser in dem birnenförmigen Gefäß bis oben gestiegen, so wird der Quetschhahn geschlossen und die Abnahme des Wasserniveaus in der Bürette ergibt die Zwischenräume, auf das wirkliche, um die Schwindung verringerte Sandvolumen bezogen.

Ferner ist sehr zu beachten die Bestimmungsweise der Porosität von Seger mittels eines zweckmäßigen Volumenometers, nebst Zeichnung (Fig. 6). (Chem.-techn. Untersuchungsmethoden, Berlin 1893. Ferner Tonindustrie-Ztg. 1881, No. 5, und 1891, No. 18). M. s. f. Bestimmnng der Volumenveränderung

feuerfester Steine mit Hilfe des Segerschen Volumenometers. Tonind.-Ztg. 1902 S. 533. Kleine von Hecht angebrachte Verbesserungen sind in der beigegebenen Zeichnung berücksichtigt.

Ein Volumenometer von F. M. Meyer zur schnellen Bestimmung des spezifischen Gewichtes von Portlandzement findet sich beschrieben nebst Zeichnung (Tonindustrie-Ztg. 1894, No. 16). Aus dem ermittelten Volumen und Gewicht wird das spezifische Gewicht berechnet.

Wissenschaftlich genauer wird, wie bekannt, die Dichtigkeit von namentlich pulverförmigen Körpern durch die Bestimmung des spezifischen Gewichtes ermittelt, was in der Weise ausgeführt wird, daß man ein Pferdehaar um den Probekörper schlingt und ihn erst in der Luft, sodann im Wasser wiegt. In

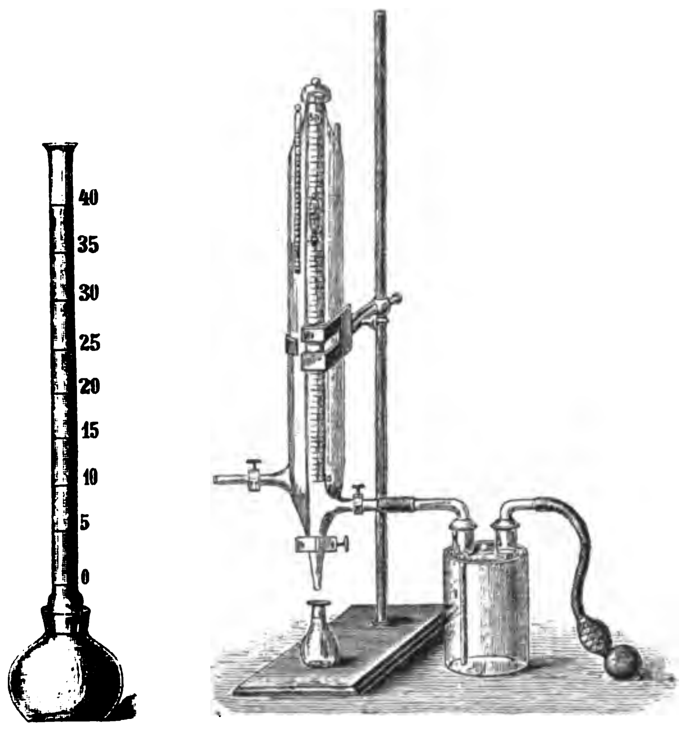


Fig. 7. Fig. 8.

letzterem Falle wiegt der Körper entsprechend weniger. Dieser Verlust bildet den Divisor, mit dem man das Gewicht in der Luft zu dividieren hat, um das spezifische Gewicht zu finden.

Statt der besonders für Mineralien eingeführten Bestimmungsweise kann man sich auch des von Schumann konstruierten und von Geißler Nachfolger in Bonn ausgeführten Apparates bedienen, welcher bei einfacher Ausführung genügende Schärfe bietet. Es wird darin das Volumen Flüssigkeit, welches ein in dieselbe gebrachtes Pulver oder auch kleine feste Körper verdrängen, gemessen. Mit Hilfe dieses Volumenometers (Fig. 7) vermag man unter den notwendigen Bedingungen gleicher Temperatur des Apparates,

Pulvers und der Flüssigkeit, sowie keiner Änderung der Temperatur während des Versuches, das spezifische Gewicht bis in die zweite Dezimale genau zu ermitteln. Als Flüssigkeit nahm Schumann bei Zementbestimmungen Terpentinöl. (Tonindustrie-Ztg. 1883, No. 26).

Ein schnelleres Arbeiten bei gleicher Genauigkeit gestattet, wie die angegebenen Versuche nachweisen, statt des Volumenometers ein Apparat zur Bestimmung des spezifischen Gewichtes von Zementprobekörpern, pulverförmigen und körnigen Stoffen aller Art von Dr. L. Erdmenger und Dr. Mann.

Wie aus Fig. 8 ersichtlich, besteht der Apparat aus einer in Zehntelgrade geteilten Röhre von 50 ccm Inhalt, die oben und unten in einen Mantel (Kühler) eingeschmolzen ist. Das obere offene Ende der Röhre ist zur Abhaltung von Staub mit einer Glaskappe bedeckt, am unteren Ende geht die Röhre in einen senkrecht stehenden Geißlerscheu Hahn über, außerdem befindet sich kurz über dem Ausflußhahn seitlich angeschmolzen ein Zuflußrohr mit Glashahn. Der Kühler hat oben zwei Öffnungen, die eine zum Entweichen bezw. Eintreten der Luft beim Füllen oder Ablassen des Wassers, durch die zweite Öffnung kann ein kleines Thermometer geführt werden, um die Temperatur des Kühlwassers stetig zu beobachten. Zum Füllen bezw. Ablassen des Wassers dient ein unten am Kühler seitlich angeschmolzenes Rohr mit einem weiteren Geißlerschen Glashahn. Wegen der Füllflüssigkeit der Meßröhre (Terpentin, Petroleum u. a.) sind alle Kautschukverbindungen möglichst zu vermeiden; es befindet sich daher an dem ganzen Apparat nur eine Stelle, wobei eine kurze Kautschukverbindung nicht gut zu umgehen war. Es schließt sich nämlich an das Zuflußrohr der Meßröhre mit einer kurzen Kautschukverbindung eine rechtwincklige, gebogene Glasröhre (die beiden Enden der Glasröhre stoßen dicht aneinander), die mit eingeschliffenem Glasstopfen auf dem einen Hals einer Woulffschen Flasche sitzt und bis auf den Boden derselben geht; der zweite Hals der Woulffschen Flasche wird ebenfalls mit einer kurzen, rechtwinklig gebogenen Glasröhre mit eingeschliffenem Stopfen verschlossen, woran sich ein Gummidruckballen schließt; der Inhalt der Woulffschen Flasche beträgt ca. 1 Liter. Der vertikal stehende Kühler wird getragen durch eine Klammer an einem eisernen Stativ. Zur genaueren Ablesung befindet sich in der Röhre ein Schwimmer. Die nach dieser Methode gemachten Bestimmungen geben auf Grund von je zwei bis drei ausgeführten Versuchen mit verschiedenen Materialien meist eine Übereinstimmung bis in die dritte Dezimale. (Tonind.-Ztg. 1893, No. 37).

Will man die unangenehme Länge der Meßröhre vermindern, so läßt sich dies durch eine stellenweise Erweiterung derselben erreichen (m. s. Verbesserungen von Suchier. (Tonind.-Ztg. 1896, No, 26).

Zu erwähnen ist hier noch zur schnellen Bestimmungsweise der Dichtigkeit von Mineralien ein aus einer Reihe von 20 Flaschen bestehender Apparat von Grünberg. Die Flaschen stehen nebeneinander in einem kleinen Kasten und enthalten verschiedene Gemenge von Wasser, Kalium und Quecksilberjodür, dessen Dichtigkeit 3,17 ist. Die etikettierten Flaschen geben die Lösungsdichtigkeit an und man hat so eine Art Dichtigkeitsmaßstab, je nachdem das in die Flüssigkeit hineingeworfene Mineral darin schwimmt, schwebt oder niederfällt. (Tonind.-Ztg- 1897, No. 52).

Um schließlich beispielsweise für die oben angegebene Methode des Wägens der Tonmasse im lufttrockenen und nassen Zustande bestimmte Zahlen

anzugeben, betrug nach Olschewsky [1]) bei einem ungebrannten Falzziegelscherben, dessen Schwindung bei einer Erhitzung bis zu ca. 700° C = 0 war, die Porosität oder Wasseraufnahme 17,26 Prozent. Wurde nun der Scherben bis zu 1000° erhitzt, so betrug die Schwindung 3,0 Proz., dagegen die Porosität 9,83 Proz. und stieg die Erhitzung bis auf circa 1160° C, so war die Schwindung 7,5 Proz., während die Porosität nur noch 0,84 Proz. ausmachte. Ferner finden sich, worauf ich hier nur verweise, eine große Reihe von Porositätsbestimmungen für verschiedene Tone, darunter auch feuerfeste, angegeben von Liedtke im Notizbl. 1891, S. 115.

Wie man die Plastizität und das damit zusammenhängende Schwinden künstlich vermindern und vermehren kann, so ist dies in ähnlicher Weise auch bei der Porosität der Fall. So vermindert man z. B. diese durch eine stärkere Zerkleinerung etwaiger gröberer Komponenten der Tonmasse oder durch Aussonderung gröberen Quarzsandes, andererseits vermehrt man sie durch die schon genannten verbrennlichen Zusätze (Sägespäne, Torf, Kohlenklein, durch kohlensauren Kalk, chemische Mittel usw.), wobei Hohlräume durch das Ausbrennen dieser Stoffe oder in Verfolg von Gasentwickelung entstehen. Anwendung finden die bezeichneten Mittel namentlich in der Ziegelindustrie, wo bekanntlich die Herstellung möglichst leichter und dabei ausreichend fester poröser Ziegel von Wichtigkeit ist. Es kommt dabei sowohl auf das geeignetste Tonmaterial, wie die zweckentsprechendsten Zusätze und deren Menge an, worüber eingehende Angaben von Olschewsky vorliegen. (Ziegel und Cement 1889, S. 147 u. folg.)

Festigkeitsbestimmung nach Cronquist. — Derselbe benutzt dazu die bei der Eisenreduktion aus Erzen übliche Tiegelform, welche unter dem Namen Mönch und Nonne bekannt ist. Dieselbe ist 45 mm hoch, 25 mm an der Öffnung weit und 2,5 mm im Scherben stark. Man bedarf wenigstens 10 Stück für jede Probe. Der Tiegel und die Platten werden zuerst 4—6 Tage lang bei gewöhnlicher Temperatur, dann 2 Tage bei 100° getrocknet und darauf bei möglichst gleichmäßiger Temperatur in einem Töpferofen gebrannt. Zum Vergleiche behandelt man 6 Tiegel aus einem bekannten Ton in der gleichen Weise. Nach dem Brennen wird die Festigkeit mit einem Apparat, ähnlich dem bei den Zementbestimmungen benutzten, bestimmt. Derselbe besteht aus einem ungleicharmigen, auf eine Stahlschneide sich frei stützenden Hebel. Am Ende des langen Hebelarmes wird ein Gefäß zur Aufnahme von Schrot aufgehängt und dann der Apparat mittelst eines an dem kurzen Hebelarm befindlichen Gewichtes ins Gleichgewicht gebracht, über dem kurzen Hebelarm befindet sich ein Bügel, der an der Unterkante seines horizontalen Teils von einer Zylinderfläche von 1 mm Radius begrenzt wird und dessen Abstand vom Drehpunkt des Hebels $^1/_{10}$ von dem des Schrotgefäßes beträgt. Zwischen diese Kante und dem kurzen Hebelarm spannt man den Tiegel so ein, daß die Bügelkante genau gegen die Außenkante des Tiegels anliegt, dann füllt man das Gefäß langsam mit Schrot bis der Tiegel berstet. Das Gewicht des Schrotes beträgt $^1/_{10}$ der Bruchfestigkeit. Tonind.-Ztg. 1899, Nr. 27.

II. Chemische Untersuchung.

Unter Ton ist dem chemischen Begriff nach zu verstehen und zwar im engeren Sinne kieselsaures Aluminiumhydroxyd, die amorphe wasserhaltige

1) Notizbl. 1878, S. 253.

kieselsaure Tonerde, das Tonerdesilikat, während Ton im weiteren Sinne, die sog. Tonsubstanz neben diesem Tonerdesilikat noch andere Beimengungen enthält.

Das einfache, wie das doppelte Silikat kommt in der Natur in wechselnder Zusammensetzung und als Regel unrein vor. Diese äußerst wechselvolle Zusammensetzung des Tones bewirkt dessen mannigfachste Verwendungsweise. Der Wert des Tones, d. h. seine technische Brauchbarkeit wird aber nicht einzig und allein durch dessen Zusammensetzung oder durch den größeren oder geringeren Grad der Reinheit bedingt, sondern ist abhängig von einer Reihe von anderen, namentlich physikalischen Eigenschaften, welche erst das Material mehr oder weniger verwendungsfähig machen. In technischer Beziehung unterscheidet man bei den Tonen die beiden Hauptbestandteile: die Tonerde und Kieselsäure (letztere stets in verschiedener Form auftretend) schlechthin von den Flußmitteln (Bittererde, Kalkerde, Eisen und Alkalien), welche oft ausschlaggebend sind.

Tonbestandteile. — a. T o n e r d e. Die Tonerde, welche die Eigenschaft besitzt sowohl als Base, wie Säure auftreten zu können, ist der w e r t v o l l s t e, w i e e n t s c h e i d e n s t e, wenn auch nicht a b s o l u t m a ß g e b e n d e Bestandteil der Tone. Ihre Menge ist meist maßgebend für die in physikalischer Hinsicht charakteristischen Haupteigenschaften der Tone (Plastizität, Schwinden und was damit im Zusammenhange steht) und zugleich auch für die Schwerschmelzbarkeit, wie deren Güte im Allgemeinen. Sie ist nicht nur an sich am schwersten schmelzbar, sondern sie vermehrt auch i n d e n T o n e n a l s R e g e l s t e t s die Schwerschmelzbarkeit der Verbindungen, sie wirkt der Kieselsäure wie den Flußmitteln entgegen[1]). Die Ermittelung der Tonerde ist für das eigentümliche Wesen der Tone überhaupt, sowie für die Wertstellung in pyrometrischer Beziehung einerseits gegenüber den Flußmitteln und andererseits gegenüber der Kieselsäure in der Regel entscheidend.

Hinsichtlich der analytischen Bestimmung der Tonerde hat man noch zu unterscheiden zwischen der chemisch gebundenen und der freien, dem Tonerdehydrat, welch letzteres jedoch nach den neueren Untersuchungen von R ö s l e r, im Kaolin nicht vorkommt, dagegen finden sich in eisenoxydreichen Tonen bauxitische Beimengungen.

b. K i e s e l s ä u r e. Ihre Wirksamkeit ist gegenüber der a b s o l u t e n der Tonerde eine r e l a t i v e und zudem meist eine die Eigenschaften des Tones b e s c h r ä n k e n d e. Sie vermindert die Plastizität und vermehrt die Schmelzbarkeit und namentlich den Einfluß der Flußmittel für hohe Hitzegrade; für geringere kann sie deren Wirkung aufheben, ja die Schwerschmelzbarkeit erhöhen. Die Kieselsäure findet sich in den Tonen in chemischer Verbindung wie mechanisch beigemengt (meist in kristallinischer Form als Sand), und ist besonders in letzterer Beziehung ihre e x a k t e analytische Bestimmung unabweislich. Wünschenswert ist die weitere Untersuchung der Sandeinschlüsse. Man hat in früherer Zeit aus mangelnder Einsicht in das Wesen der Tone auf diese Unterscheidung nicht geachtet, und doch ist nicht nur die Sandmenge in einem Tone, aus mehreren technischen Gründen, g e n a u festzustellen, sondern

1) Auch kann selbstredend unter zwei Tonen, wovon der eine einen größern Tonerdegehalt als der andere aufweist, der tonerdereichere der leichter schmelzbare sein. Ist aber zugleich die Menge der Flußmittel und der Kieselsäure eine gleiche oder geringere, so m u ß u n b e d i n g t der Ton pyrometrisch höher stehen.



sind es die, wenn auch nicht immer vorfindlichen, unzersetzten Muttergesteinreste, wie sonstige seltenere akzessorische Beimengungen, welche sich darin verbergen, aber bei einer erschöpfenden Untersuchung einer speziellen Ermittelung nicht entziehen dürfen.

Wir kommen zu den sogenannten Flußmitteln, den flußgebenden Bestandteilen des Tones, auch Flußbasen genannt, welche oft eine (wenn auch früher überschätzte), einflußreiche Rolle bei den Tonen spielen, und wofür das Gesetz der Äquivalenz gilt, d. h. äquivalente Mengen der als Schmelzmittel auftretenden Basen üben auf die Schmelzbarkeit der Tone einen gleichen Einfluß aus oder es nimmt die Schmelzbarkeit im umgekehrten Verhältnis der Molekulargewichte der Basen zu. Wie Kosmann in interessanter Weise hervorhebt, bewegt sich diese Schmelzfähigkeit der Flußmittel innerhalb der großen chemischen Gesetze überhaupt, wonach, je kleiner die Molekulargewichte der Elemente sind, desto größer die chemische Reaktionsfähigkeit der Körper.

c. Magnesia. Sie tritt als kräftigstes Flußmittel auf, indem z. B. eine gleiche Gewichtsmenge derselben eine doppelt so große Wirkung ausübt, als dies bei dem Eisenoxydul und noch mehr als es bei dem Kali der Fall ist.

d. Kalk. Derselbe wirkt als zweitstärkstes Flußmittel. Seine genaue Ermittelung gewinnt noch durch den Umstand an Wichtigkeit, daß bekanntlich eine gewisse Kalkmenge bei den Ziegeltonen für deren Brennfarbe („rot oder gelb“) bestimmend ist. Eine allzugroße Kalkmenge macht ferner einen Ton, selbst zu gewöhnlichen Ziegeln, unbrauchbar.

e. Eisen. Tritt, wie oben dargelegt wurde, als Hauptfaktor der Färbung der Tone und Verfärbung, wie Mißfärbung der Tonfabrikate auf. Mit Rücksicht hierauf, sowie auf die unter Umständen besonders nachteilige pyrometrische Wirksamkeit des Eisens ist dessen exakteste Ermittelung durchaus nicht zu übersehen. In der niedern Keramik und besonders in der Blendsteinfabrikation überhaupt überwiegen, was bemerkenswert, die nützlichen Eigen schaften des Eisens die schädlichen. Metallisches Eisen findet sich wie gesagt zuweilen in geschlämmten Kaolinen, welches wahrscheinlich von eisernen Gefäßen stammt, womit der Rohkaolin in abreibende Berührung gekommen ist.

f. Alkalien. Sie sind bei den Tonen fast nur als das äquivalent am wenigsten wirksame Kali vertreten und daher als solches in der Regel zu berechnen.

g. Flüchtige Bestandteile, resp. Glühverlust. Der Glühverlust besteht meist aus Wasser und organischen Substanzen. Die scharfe Bestimmung des Wassers ist für die Berechnung der Bestandteile im wasserfreien Zustande, welcher letztere in technischer Hinsicht schließlich maßgebend ist, notwendig. Der Kohlegehalt, welcher die Plastizität der Tone und deren dichtes Brennen beeinträchtigt, sofern er ein größerer, ist zu beachten. Gehört zu den flüchtigen Bestandteilen (wozu auch Kohlensäure zu zählen) Schwefel, so ist auf die quantitative Ermittelung einer selbst kleinen Beimengung dieses, bekanntlich in Form von Schwefelkies großen Feindes der Tone ein besonderes Augenmerk zu richten.

h. Seltene Beimengungen. Hierzu gehören, wie schon erwähnt einzelne Metalle, deren Vorkommen ein selteneres wie Vanadin, Cer, Titan, Molybdän, Chrom, Kobalt und auch selbst Blei und Gold als Zersetzungsprodukt goldhaltiger Gesteine usw. Das Vanadin gibt bekanntlich zu den sehr

unliebsamen gelblichen oder grünlichen Färbungen gebrannter Ziegel Anlaß [1]). Unter den Nichtmetallen ist auf Phosphorsäure zu achten.

Die chemische Untersuchung kann eine nur qualitative oder eine quantitative Analyse (Gesamt-Pauschanalyse oder empirische) und ferner noch im Gegensatze zur empirischen Analyse eine rationelle Analyse sein. [2])

Die qualitative Untersuchung hat ihr Augenmerk zu richten auf die in Minimalmengen fast stets vorkommenden und bei quantitativen Bestimmungen trotz ihrer Wichtigkeit mitunter übersehenen löslichen Bestandteile [3]) der Tone, wie: Chloride, (Kochsalz und Salmiak), Sulfate (Gips und Eisenvitriol), und Extraktivstoffe oder die nie fehlende organische Materie.

Durch Kochen einer größeren Menge Tones (ca. 25 g) mit Wasser, längeres Absetzen und Filtrieren, lassen sich die angeführten Substanzen in dem klaren Wasserauszuge mit bekannten Reagentien und Mitteln leicht nachweisen. Organische Substanzen erkennt man an der dunklen bis schwarzen Färbung, welche die Tone beim Erhitzen für sich oder mit Schwefelsäure und Fluorwasserstoffsäure annehmen oder mittelst Ätzkalkes, welcher durch dieselben gebräunt wird. Durch Digerieren mit Salzsäure werden fast in allen Tonen, wenn auch nicht vollständig, so doch reichlich Tonerde und etwas Kieselsäure, das Eisen, (auch Mangan) der Kalk [4]), die Magnesia, ein Teil der Alkalien und zuweilen Phosphorsäure ausgezogen.

Beim Kochen mit einer Lösung von kohlensaurem Natron wird eine reichliche Menge Kieselsäure gelöst, die häufig stark gefärbt erscheint. Werden die Tone andauernd mit wenig verdünnter Schwefelsäure erhitzt, zuletzt bis zur Verdampfung des Hydrats, so wird der tonige Teil vollständig unter Ausscheidung fast aller Kieselsäure zersetzt.

Auf seltnere Metalle, wie oben angedeutet, und etwa zugleich auf Schwefelkies ist die mittelst kohlensaurem Alkali aufgeschlossene Tonmasse mit Hilfe der bekannten Reagentien zu prüfen (man sehe unten). Einen endgültig praktischen Wert erhält die qualitative Untersuchung erst, wenn damit eine quantitative verbunden wird, welche letztere sich bei schneller Ausführung die Aufgabe zu stellen hat, die immer vorhandenen Fehlerquellen genau kennen zu lernen, sowie die mögliche Größe der Fehler.

---

1) Zweifelsohne ist man mit der Erklärung der gelblichen Verfärbung der Ziegelsteine durch vanadinsaure Salze zu weit gegangen. — Wohl am häufigsten sind kleine Algen oder auch organische Eisensalze die Veranlassung gewesen — äußerst selten sind Vanadinsalze überhaupt nachzuweisen.

2) Als Beispiel für die Ermittelungsweise der Zusammensetzung eines Tongemenges möge hier angeführt werden, daß sich aus dem Glühverlust die Zusammensetzung berechnen läßt, wenn der Glühverlust des Bindetons bekannt ist. Thonind.-Ztg. 1900, Nr. 65.

3) Die löslichen Salze, welche bei den feuerfesten Tonen als Flußmittel wirksam sind, geben wie bekannt in der Ziegelindustrie zu Verfärbungen, die sich nach dem Brennen geltend machen, und auch späteren Zerstörungen Anlaß.

4) Nach Senft (Tonsubstanzen, S. 82) kommt, wie erwähnt, der Kalk häufig mit Humussäuren (namentlich Quellsäure) verbunden vor. In dieser Verbindung zeigt ein frischer Ton kein Aufbrausen beim Übergiessen mit Säure. Wird aber ein solcher Ton ausgegraben und der Luft ausgesetzt, dann braust er nach längerem Liegen mit Säure auf, indem der humussaure Kalk unter dem Einflusse der Luft in kohlensauren Kalk umgewandelt wird. Auch kann das Eisen in solcher Verbindung vorkommen. Gleichwie die Kieselsäure findet sich auch der Kalk und die Magnesia, letztere als Karbonate außer in chemischer Verbindung mechanisch beigemengt vor, welche Beimengungen dann abschlämmbar sind.

1. Gang der quantitativen Tonanalyse des Verfassers.

Wegen der ausführlichen Behandlung mag dieser Abschnitt andern vorangehen, was nicht als Unbescheidenheit gedeutet werden möge. Die Analyse der Tone stellt an den Analytiker in bezug auf umsichtige wie sorgfältige Ausführung ganz besondere Ansprüche. So ist der Einfluß der Geräte aus Glas [1]) und Porzellan, welche ja beide aus denselben Bestandteilen, wie der zu analysierende Ton bestehen, sehr zu beachten, weshalb die Anwendung von Platingefäßen, soweit das nur irgend angeht, geboten ist. Noch bemerke ich, daß man sich bei den Tonbestimmungen gar sehr hüten muß, vorgefundene minimale, d. h. unwägbare Mengen allzuleichtfertig als „Spuren" anzugeben. Jedenfalls ist dabei zu sagen, wie viel Material angewendet worden ist. Treffend legt in dieser Hinsicht Zwick, Natur der Ziegeltone, S. 137, durch ein Zahlenbeispiel dar, daß eine solche zu ungenaue Angabe geradezu gefährlich ist, weil sie zu dem Glauben verleitet, die „Spur" könne vernachlässigt werden.

Von der regelrecht und richtig aus mindestens einigen Kilogramm dargestellten Durchschnittsprobe des lufttrockenen Rohtones oder des vorher geschlämmten Tones werden, nachdem eine hinreichende Menge in dem Achatmörser auf das Allerfeinste zerrieben und dieselbe gesiebt worden ist, 5—6 Portionen von zirka 1—2 g abgewogen [2]).

Besteht ein Ton aus einem augenscheinlichen Gemenge von Ton und Sand oder sonstigen gröberen Teilen, so empfiehlt es sich zur Vervollständigung auch die Schlämmanalyse, d. h. vor der chemischen Analyse erst eine mechanische anzustellen. Hierbei ist es, wie gesagt, für den Tonwarenfabrikanten wichtig anzugeben, in welcher Form, Korngröße und selbst, mit Hilfe des Mikroskops, die beigemengten Mineralstoffe und namentlich der Sand im Tone enthalten sind. Je verschiedenartiger diese Beimengungen, was bei gewöhnlichen Tonen oft in sehr großem Maße der Fall, ist eine Sonderung mittelst Schlämmen in die dann besonders zu analysierenden nähern Bestandteile um so mehr geboten.

Das hygroskopische Wasser wird durch vorsichtiges längeres

---

1) Nach Versuchen von Meineke enthält das in Glasgefäßen aufbewahrte Ammoniak stets Kieselsäure. (Rep. d. analyt. Chemie 1877, No. 50.)

2) Am besten wird zur Vermeidung von Selbstbetrug ein keineswegs geschmeicheltes Durchschnittsmuster des Tones von 50—100 kg gezogen und nach dem Zerkleinern und Mischen diesem erst das zur Untersuchung bestimmte Quantum entnommen. Gibt es doch Tone, welche nicht allein je nach den verschiedenen Fundstellen, sondern auch an demselben Punkt sehr nahe beieinander recht verschiedenartig erscheinen. Hat man diese Feinprobe von vornherein in ein gut verschließbares Glas gebracht, so genügt es von einem Teil derselben das hygroskopische Wasser durch Trocknen zu bestimmen, und berechnet man dann das zur Analyse angewendete lufttrockene Gewicht auf das Trockengewicht bei 120°. Wurden z. B. 2,000 g eingewogen und dieselben bei 120° getrocknet und nunmehr nur 1,912 g gefunden, so sind angewendet nicht 2,000 g, sondern 1,912 g oder berechnet sich für 1 g = 0,956 g. — Die abgesonderten Bestimmungen sind aus doppeltem Gesichtspunkte zu rechtfertigen und in gewisser Hinsicht empfehlenswert. Zuerst ist das Augenmerk auf die möglichst absolute Bestimmung der Tonerde zu richten, resp. deren reine Abscheidung und vollkommenste Auswaschung, welche letztere bei der Kieselsäure nicht minder streng zu beachten ist; ferner sind die bekanntlich in relativ oft sehr geringfügiger Menge vorkommenden, aber immerhin mit entscheidenden Beimengungen von Magnesia, Kalk, Eisen, Alkalien schärfer zu ermitteln aus Bestimmungen, welche einzig die strikte Abscheidung je der einen Substanz bezwecken.

Trocknen bei einer Temperatur bis zu 120°, bis zwei 1 Stunde auseinanderliegende Wägungen übereinstimmen, ermittelt und darnach die Probe, wenn man das Anziehungswasser bestimmen will, unter eine Glocke in eine feuchte Atmosphäre gebracht und nach etwa 8—10 Tagen wiederholt gewogen, bis das Maximum der Gewichtszunahme erreicht ist. Den Totalglühverlust (Konstitutionswasser, Organisches und Kohlensäure) findet man durch stärkeres oder (bei größerem Kohlengehalt) fortgesetztes Glühen unter Sauerstoffzuführung. Das Konstitutionswasser setzt sich zusammen aus dem chemisch gebundenen Wasser des Tonerdesilikats und event. des Tonerde-Kieselsäure- wie Eisenoxydhydrates. Ist die Kohlebeimengung bedeutend, welche von großem Einflusse auf die Porosität und ein starkes, wie verschiedenartiges Schwinden ist, so wird die Probe mit Schwefelsäure und Chromsäure im Kolben nach Ullgren verbrannt und die sich bildende Kohlensäure gewogen [1]).

Eine neue Portion wird alsdann zur Bestimmung der Kieselsäure mit der 8- bis 10fachen Menge reinen kohlensauren Natrons nach innigstem vorherigen Mischen im Platintiegel durch allmäliches einstündiges, bis zur völligen Schmelzung gesteigertes Glühen aufgeschlossen. In der mit Wasser aufgeweichten und sorgfältig mit Salzsäure versetzten Masse scheidet sich die Kieselsäure aus der klar werdenden salzsauren Lösung beim Eindampfen ab.

Nach völligem, wiederholtem Eindampfen im Wasserbade, wird die Masse in einem Luftbade unter gelegentlichem Umrühren bei 110° 20—30 Minuten lang erhitzt, dann mit mäßig konzentrierter Salzsäure durch und durch angefeuchtet und etwa eine halbe Stunde stehen gelassen. Hiernach wird sie auf dem Wasserbade erwärmt und nach Verdünnung 4—5 mal digeriert und dekantiert, wobei auf die von der klar abgegossenen Flüssigkeit zurückgebliebene Kieselsäure wiederholt einige Tropfen nicht konzentrierter Salzsäure gegossen werden; alsdann wird die Kieselsäure auf ein Filter gebracht und schließlich heiß ausgewaschen, bis die angestellte Uhrglasprobe keinen oder keinen größeren Rückstand als das destillierte Wasser zeigt. Die getrocknete Kieselsäure wird mit dem Filter vorsichtig erhitzt und erst nach beendeter Verkohlung die Temperatur gesteigert. Der noch ziemlich heiße Tiegel wird endlich in den Exsikkator gebracht und, nachdem er abgekühlt, gewogen [2]).

Es darf nicht versäumt werden, die so erhaltene und nach möglichst starkem Glühen wiederholt gewogene Kieselsäure mit Flußsäure [3]) zu behandeln und ist im Falle, daß ein merklicher Rest (von mehreren Milligrammen) verbleibt, derselbe zu bestimmen.

Bei vorher stark erhitzten Tonen und namentlich bei sehr heftig gebrannten feuerfesten Fabrikaten ist diese Behandlung der Kieselsäure mit Flußsäure unerläßlich, da sonst das Aufschließen mittelst kohlensauren Alkalis ein unvollständiges ist, und die Tonerde um mehrere Prozent zu gering bestimmt wird.

---

1) Sofern die Beziehung zwischen Tonerde und chemisch gebundenem Wasser, wobei auch das Eisen zu berücksichtigen, eine stetig gesetzmäßige, was indeß noch festzustellen ist, so ließe sich aus dem Gesamtglühverlust der Kohlegehalt berechnen.

2) Nach Ludwig läßt sich die Kieselsäure direkt nicht vollständig aus der mit kohlensaurem Alkali geschmolzenen Masse abscheiden, ein Teil geht immer in Lösung und muß separat bestimmt werden. (Z. f. anal. Ch. 9, S. 321).

3) Die Flußsäure (auch Schwefelsäure) ist vorher auf ihre Reinheit durch Verdampfen zu prüfen.

Das Filtrat von der Kieselsäure wird stets mit etwas Chlorwasser aufgekocht und zur Fällung der Thonerde nebst dem Eisenoxyd nach Finkener die siedende und mit Ammoniak versetzte Lösung mit Essigsäure übersättigt, um dann in der kochenden Flüssigkeit sehr vorsichtig den Überschuß von Essigsäure mit verdünntem Ammoniak zurückzunehmen. Ein kleiner Überschuß von Essigsäure schadet nichts, wenn man stets siedend heiß filtriert resp. mit siedendem Wasser, dem etwas essigsaures Ammon zugesetzt ist, ohne Unterbrechung bis zur 20 000fachen Verdünnung dekantiert. Das abgegossene Waschwasser lasse ich alles durch das Filter laufen und der Tonerdeniederschlag wird schließlich auf dasselbe gespült, um mit kochendem Wasser das Auswaschen zu beendigen. Man kann sich dabei des Bunsen'schen Schnellfiltrierapparates mit dem besten Erfolge und wesentlicher Zeitersparnis bedienen. Das Auswaschen des Tonerdeniederschlages ist so lange fortzusetzen, bis nach stets vorzunehmender Prüfung das Filtrat frei von Chlorsalzen ist.

Das Glühen der Tonerde nebst dem Eisenoxyd geschieht nach vorsichtigem Anhitzen in einer hinreichend heftigen Oxydationsflamme. Die Tonerde wird gleichfalls wiederholt gewogen.

Zur Kontrolle der Reinheit der Tonerde löse ich dieselbe in einem Kolben in dem reichlich überschüssigen [1]) Gemisch Mitscherlich's von 8 Gewichtsteilen konzentrierter Schwefelsäure und 3 Teilen Wasser. Scheiden sich dabei wollige Flöckchen von Kieselsäure aus, so wird dieselbe abfiltriert, ausgewaschen und gewogen und deren Gewicht, wenn sie sich mittelst Flußsäure rein erweist, von dem der Tonerde und des Eisenoxyds in Abzug gebracht. Die Kieselsäure kann, wie oben angeführt wurde, aus dem Ammoniak stammen. Das Filtrat dient dann zur Eisenbestimmung und wird, nachdem der größte Teil der Tonerde mittelst Kali abgeschieden, das Eisen nochmals in Schwefelsäure gelöst, die Lösung mittelst eisenfreien Zinkes reduziert und mit Chamäleon titriert [2]). Hierbei ist noch zu beachten, daß man sich möglichst eisenfreier Filter bedient, d. h. solcher, die vorher mit verdünnter heißer Salzsäure ausgewaschen worden. Zu einer zweiten Kontrollbestimmung kann der von der nachfolgenden Alkalienbestimmung abfallende Eisenniederschlag benutzt werden.

Nachdem in dem etwas eingeengten Filtrate von der Tonerde + Eisenoxyd durch Einrühren von Brom in die völlig erkaltete schwach essigsaure Lösung und Übersättigen mit hochkonzentriertem Ammoniak etwa vorhandenes Mangan [3]) als Dioxyd gefällt und nach raschem Aufkochen sofort abfiltriert ist, kommen die Erden zur Fällung.

Die Flüssigkeit, welche eingeengt [4]) und übersättigt mit Ammoniak klar

1) Auf 1 g Tonerde sind mindestens 16 g Schwefelsäure zu nehmen. — Nach Penfield und Harper wird selbst vorher stark geglühte Tonerde sehr leicht in Lösung gebracht durch Erhitzen derselben mit der 5—10fachen Gewichtsmenge Kaliumbisulfat in einem Tiegel, so lange bis Schwefelsäure entweicht. (Chem.-Ztg.).

2) Man kann sich auch mit Vorteil der jodometrischen Methode bedienen. (Fresenius, Quant. Analyse).

3) Auf das Vorkommen des Mangans wird viel zu wenig bei den Tonanalysen geachtet. — Ist es schließlich vom Standpunkte der Feuerfestigkeit aus weniger bedeutungsvoll, ob das Eisenoxyd z. T. durch Manganoxyd ersetzt wird, so hat das Vorkommen des Manganoxyds seine große Bedeutung für die feinkeramischen Tone wegen seiner starken Färbungskraft; zudem erfordert die wissenschaftliche Untersuchung die Bestimmung eines oft bis 1 Proz. vorkommenden Bestandteiles.

4) Es ist wohl zu beachten, daß dieses Einengen der ammoniakalischen

bleiben muß, wird rasch aufgekocht und der Kalk heiß mit oxalsaurem Ammon gefällt; nach Eindampfen des Filtrates und Verjagen des Salmiaks die Magnesia mit phosphorsaurem Ammon unter den bekannten Vorsichtsmaßregeln abgeschieden.

Zur Ermittelung der nicht chemisch gebundenen Kieselsäure oder des Sandes[1]) und der Muttergesteinreste, wenn sich solche vorfinden, wird eine Portion von ca. 2 g mit einer reichlichen Menge nicht konzentrierter, reiner (bleifreier) Schwefelsäure andauernd in einem nicht zu engen Platintiegel erhitzt[2]), bis die überschüssige Säure größtenteils abgeraucht ist, alsdann gehörig verdünnt und digeriert, das Klare abgegossen, der Rückstand noch mit mäßig konzentrierter Salzsäure digeriert und endlich die abgeschiedene Gesamt-Kieselsäure (einschließlich des Sandes) auf einem getrockneten und gewogenen Filter abfiltriert. Völlig rein ausgewaschen, getrocknet und gewogen, kann dieselbe zur Kontrolle dienen[3]), wird jedoch ein Überschuß gefunden, so sind entschieden die weiteren ergänzenden Bestimmungen damit vorzunehmen. M. s. nachfolgende Angaben von Sabeck.

Aus dieser Gesamt-Kieselsäure nebst Einschlüssen, welche vorher nicht zu glühen, sondern bei 100° zu trocknen ist, wird der Sand abgeschieden durch drei- bis viermaliges[4]) Einkochen mit gelöstem kohlensauren Natron, bis sich eben ein Salzhäutchen zu zeigen beginnt, aber nicht weiter. Hierauf wird verdünnt und bis zur völligen Klärung stehen gelassen, der Absatz durch ein Filter dekantiert und alsdann vollständig mit heißem Wasser gewaschen.

Nachdem hierauf der ungelöst bleibende Sand in eine Porzellanschale abgespritzt und mit Salzsäure ausgekocht worden, wird er filtriert, ausgewaschen und gewogen.

Wenn die Alkalien in größerer Menge vorhanden sind, oder man dieselben getrennt bestimmen will, werden 2 g des Tones mit Salzsäure und gasförmiger Flußsäure aufgeschlossen und hierauf mit Schwefelsäure zur Trockene verdampft, wobei kein oder höchstens ein kohliger, aber keinesfalls knirschender Absatz bei nachheriger Lösung in Salzsäure sich zeigen darf. Hierauf werden mit reiner, wenig überschüssiger Ätzbarytlösung die Schwefelsäure, Tonerde, Eisenoxyd und Magnesia abgeschieden; das Filtrat der Fällungen wird mit kohlensaurem Ammoniak bei gelinder Wärme behandelt. Nach dem Abfiltrieren des neuen Niederschlages wird die angesäuerte Flüssigkeit eingedampft, der Salmiak bei gelindem Glühen verjagt, dann der gelöste Rück-

---

Filtrate in Glas- und Porzellangefäßen nur nach vorherigem Ansäuern geschehen darf. Man bedient sich daher, um die hierbei entstehenden Salmiakmengen zu umgehen, besser einer Platinschale, wie oben schon erwähnt.

1) Ist die Menge des gefundenen Sandes eine beträchtliche, so ist wie gesagt außer der chemischen eine spezielle physikalische Untersuchung für den Tonwarenfabrikanten von Wert, d. h. es ist das Material alsdann stets zu schlämmen, und soweit dadurch eine Abscheidung möglich, die Körperbeschaffenheit quantitativ zu ermitteln. Schumacher hält die Bestimmung der freien Kieselsäure des Rohtons in ihrer verschiedenen Körnung mit Einschluß der freien Kieselsäure im Feinton, sowie die Farbe des ausgeschlämmten Sandes, für den technisch wichtigsten Teil der Tonuntersuchung. (Sprechsaal 1884, S. 628).

2) Nach Seger genügt eine Erhitzung, bei der die Schwefelsäure anfängt zu verdampfen, also stark raucht.

3) Zur Berechnung der Kieselsäure dient ein abgewogener aliquoter Teil, von dem bei 100° getrockneten Gemenge, welcher scharf geglüht wird.

4) Bei sehr sandreichen Tonen setzt man das Kochen mit kohlensaurem Natron so lange fort, bis Salmiak keinen Niederschlag mehr gibt.

stand nochmals mit kohlensaurem Ammoniak (obige Mischung) ebenso behandelt, bis die Chloralkalien rein erhalten werden, worin dann das Kali mittelst Platinchlorid abgeschieden und bestimmt wird.

Im Falle, daß sich Anwesenheit von Titansäure [1]) erkennen läßt, wird nach Zersetzung des Tones mittelst Schwefelsäure die Titansäure aus der erhaltenen schwefelsauren Lösung nach starkem Verdünnen und Zusatz von schwefliger Säure durch anhaltendes Kochen in einem Kolben aus gutem böhmischen Glase bei wiederholtem Zusatz von konzentrierter Lösung der schwefligen Säure gefällt. Die schweflige Säure muß das Eisenoxyd zu Eisenoxydul reduzieren und so erhalten — sonst fällt leicht Eisenoxyd mit nieder. Seger wiegt etwa vorhandene Titansäure zusammen mit der Kieselsäure in dem Platintiegel mit einigen Tropfen Schwefelsäure und darauf reiner Flußsäure. Hierdurch wird die Kieselsäure verflüchtigt und die Titansäure bleibt zurück, welche aber immer noch vor dem Lötrohr zu prüfen ist. (Tonind.-Ztg. 1893, Nr. 12). Exakter gelingt die quantitative Scheidung des Titans, welches sowohl bei der Kieselsäure als auch in dem Tonerde-Eisenoxyd-Niederschlag wieder zu finden ist, nach einem von Gustav Becker beschriebenen Verfahren Zur Kenntnis der sesquioxyd- und titanhaltigen Augite (Dissertation). Erlangen 1902. Tonind.-Ztg. 1902, Nr. 17. In neuerer Zeit ist die Titansäure immer häufiger und in bestimmbarer Menge in den Tonen nachgewiesen worden. So fand Georges Vogt in 35 französischen und zwei belgischenTonen bis zu 2,08 Proz. Titansäure. Töpf.- u. Ziegl.-Z. 1903, Nr. 83.

Die quantitative Bestimmung des Schwefels ist in einer besonderen größeren Portion von mindestens 5 g vorzunehmen. Dieselbe wird mit pulverisiertem chlorsaurem Kali und allmälich zugegossener mäßig konzentrierter Salpetersäure (beide schwefelsäurefrei) gemengt, das Ganze gelinde digeriert und zuletzt gekocht unter wiederholtem Zusatze von Salzsäure bis alle Salpetersalze zersetzt sind. Die Schwefelsäure wird nach dem Verdampfen des Säurenüberschusses in der hinreichend verdünnten Flüssigkeit durch Chlorbaryum gefällt. Ein Gehalt an kohlensaurem Kalk wird in den bekannten Kohlensäureapparaten bestimmt.

Die freie Tonerde [2]) — auf deren Vorhandensein bei einem gefundenen größeren Wassergehalte zu schließen und die je reichlicher sie anzunehmen, um so mehr von Wichtigkeit ist — hat man bis jetzt ermittelt durch Schmelzen mit kohlensaurem Natron, Auslaugen mit Wasser, Abdampfen zur Trockne, hierauf Lösen in Salzsäure und Fällen durch Schwefelammonium.

---

1) A. Weller hat im Bunsen'schen Laboratorium eine einfache Methode zur Bestimmung der Titansäure auf kolorimetrischem Wege ausgearbeitet. Sie gründet sich auf die Tatsache, daß Wasserstoffsuperoxyd titansäurehaltige Lösungen intensiv orangegelb färbt, wenn in dem Kubikzentimeter der verdünnten schwefelsauren Lösung 1/10 Milligr. enthalten ist, so daß noch eine sehr deutliche hellgelbe Färbung eintritt, wenn dieselbe pro cc. 1/50 Milligr. enthält. Vanadin und Molybdänsäure geben eine gleiche Reaktion, sind also zu berücksichtigen. Man arbeitet am besten in verdünnten Lösungen bei Vergleichslösungen, die pro 100 cc 10 bis 5 Milligr. und pro 1 cc 0,1 bis 0,05 Milligr. Titansäure enthalten; kleine Mengen Eisen stören nicht, ebensowenig Schwefelsäure, wenn nicht über 10 Proz. vorhanden ist. Dagegen nimmt die Färbung der Normallösung mit der Zeit, besonders im Sonnenlichte ab.

2) Nach Vogel läßt sich eine sehr geringe Menge Tonerde durch ihre Reaktion auf organische Farbstoffe spektralanalytisch nachweisen. (Dinglers Journ. 223, S. 550). Auch volumetrisch läßt sich nach Gatenby die Tonerde mit Phenolphtalein als Indikator leicht bestimmen, wenn sie in Ätznatron gelöst ist. (Chemiker-Ztg.)

2. Abgekürzter, aber mehrfach kontrollierter Gang.

a. Aufschließen mit Natriumkarbonat: Abscheiden der Kieselsäure; Behandeln derselben mit reiner Flußsäure. Rückstand in Salzsäure gelöst; mit Ammoniak gefällt: Niederschlag Tonerde in Abzug gebracht.

Filtrat von Kieselsäure mit Ammoniak versetzt unter Wegkochen des Überschusses oder Wegnahme desselben mit Essigsäure in sehr geringem Überschuß, in der Siedehitze abfiltriert, etwas ausgewaschen, in Salzsäure gelöst, vorgefundene Kieselsäure abgeschieden und wieder ebenso gefällt: Niederschlag Tonerde + Eisenoxyd zur Kontrolle bestimmt.

b. Aufschließen mit Flußsäure und Schwefelsäure[1]): Abdampfen der Schwefelsäure. Lösen in Salzsäure, Fällen mit Ammoniak in der bezeichneten Weise; nach mehrmaligem Auswaschen wieder Lösen in Salzsäure und abermaliges gleiches Fällen. Eisenoxyd + Tonerde gewogen, in Schwefelsäure-Mischung gelöst, darin Eisenoxyd mit Chamäleon bestimmt und in Abzug gebracht.

Filtrat von Eisenoxyd + Tonerde eingedampft, Kalk mit Ammoniumoxalat heiß gefällt. Flüssigkeit eingedampft und Ammoniumsalze abgeraucht. Rückstand gewogen als Magnesium-Kaliumsulfat. Darin Magnesia bestimmt: Kali aus der Differenz.

c. Aufschließen mit Schwefelsäure: Längeres Digerieren in Schwefelsäure, aber nicht bis zur völligen Trockene und hierauf in Salzsäure. Gewogen einen aliquoten Teil und mit Sodalösung wiederholt gekocht. Ausgewaschen, mit Salzsäure gekocht, filtriert und den Sand gewogen.

Sand endlich mit kohlensaurem Natron aufgeschlossen und darin eventuell Tonerde, Eisen und Erden bestimmt und Alkalien aus der Differenz.

Ferner möge noch der abgekürzte Gang folgen, den Richters bei seinen Tonanalysen befolgte:

3—4 g des bei 120° getrockneten Tones werden mit Fluorwasserstoffsäure aufgeschlossen und die auf bekannte Weise aus den Fluormetallen erhaltene salzsaure Lösung der schwefelsauren Salze in drei gleiche Teile geteilt. In dem einen bestimmt man Eisenoxyd und Tonerde, Kalk und Magnesia.

In dem zweiten Teile der Lösung wird das Eisenoxyd durch Zink reduziert, mit Chamäleon titriert und die berechnete Menge Eisenoxyd von dem Gewichte des durch Ammoniak sub 1) erhaltenen Niederschlages in Abzug gebracht. Der 3. Teil der ursprünglichen Lösung dient zur Bestimmung der Alkalien. Schwefelsäure, Tonerde, Eisenoxyd und Magnesia werden zu diesem Behufe durch eine durchaus reine, in geringem Überschuß angewandte Lösung von Ätzbaryt gefällt. Das Filtrat wird mit kohlensaurem Ammon bei gelinder

---

1) Nach Johnstone wird ein schnelles und sicheres Aufschließen durch Anwendung von festem Ammoniumfluorid bewirkt. (Chemiker-Ztg. 1889.) Handelt es sich um die Frage, welche häufig namentlich bei Kaolinen an den Analytiker gestellt wird, nur allein die Tonerde und etwa das Eisen korrekt zu bestimmen, so ist folgende Methode zu wählen. 1 g des Tons wird mit Flußsäure aufgeschlossen. Die aus der Lösung durch Ammoniak gefällten Sesquioxyde werden nochmals gelöst und gefällt und über dem Gebläse bis zur Gewichtskonstanz geglüht. Die Filtrate, welche nur sehr geringe Mengen freien Ammoniaks enthalten dürfen, werden durch Zusatz von Schwefelammonium auf Abwesenheit von Tonerde geprüft. Die geglühten Sesquioxyde werden alsdann mit Soda geschmolzen, die Schmelze in Schwefelsäure gelöst und schließlich das Eisen durch verdünnte Permanganatlösung bestimmt.

Wärme behandelt und der Niederschlag abfiltriert, die Flüssigkeit eingedampft, der Rückstand zur Verflüchtigung des Salmiaks schwach geglüht und mit Wasser aufgenommen. Die Lösung wird wiederum, zur Entfernung der letzten Spuren gelöst gebliebener Erden, mit kohlensaurem Ammon behandelt, endlich eingedampft und der Rückstand ganz schwach geglüht. Die auf diese Weise rein erhaltenen Chloralkalimetalle werden gewogen und das Chlorkalium vom etwa vorhandenen Chlornatrium durch Platinchlorid getrennt.

Zur Ermittelung der Menge der als Sand vorhandenen Kieselsäure verfährt man wie vorstehend angegeben. Die Gesamtmenge der im Tone enthaltenen Kieselsäure wird durch Aufschließen von 1 g des getrockneten Tones mit kohlensaurem Natronkali usw. auf bekannte Weise bestimmt. Der Gehalt an gebundenem Wasser wird durch Glühen des gleichfalls getrockneten Tones bis zum Konstantbleiben des Gewichts gefunden. Ferner möge hier noch auf das sehr lesenswerte und der neuen chemischen Schreibweise sich bedienende Schriftchen „Quantitative chemische Tonanalyse“ von B. M. Margosches verwiesen werden. Wien 1900.

3. Rationelle Analyse.

Im Gegensatz zu der besprochenen qualitativen und quantitativen Analyse, die man auch wie gesagt, nebst der mechanischen, je einzeln die empirische nennt, steht die rationelle Analyse, deren Aufgabe es ist, das Tonerdesilikat oder die sog. Tonsubstanz (Al_2O_3, $2\,SiO_2$, $2\,H_2O$) für sich zu ermitteln und dessen chemische Konstitution zu ergründen.

Die in der bisherigen Weise ausgeführte rationelle Analyse ergibt je nach der Ausführungsweise recht verschiedene Resultate und ist besonders bei sehr unreinen Tonen als wertlos zu bezeichnen. Die Aufdeckung dieser bedeutenden Mängel verdanken wir außer andern auch dem genannten verdienstvollen Forscher B. Zschokke[1]). Der Quarz wird bei Anwendung von Natronlauge[2]) stark angegriffen, beigemengte Silikate werden mehr oder minder zersetzt und das gewöhnlich als Feldspat bezeichnete Tonerdesilikat pflegte sich unter dem Mikroskop fast nie als Feldspat zu zeigen. Die rationelle Analyse hatte sonach lediglich nur noch eine Bedeutung als Fabrikanalyse namentlich für die Feinkeramik, weil hier immer unter ziemlich den gleichen Fehlerquellen gearbeitet wird, die Analyse also einen gewissen Vergleichsmaßstab repräsentiert. Gegenüber diesen mehrfachen Bemängelungen ist eine neue und mustergültige Vorschrift zur Ausführung einer regelrecht angestellten rationellen Tonanalyse von Alexander Sabeck ganz besonders zu begrüßen in der Schrift „Beiträge zur Kenntnis der rationellen Analyse der Tone“ [3]), Mitteilung aus dem technologischen Laboratorium der Königl. technischen Hochschule Charlottenburg, worin auch die Ursache einiger ständigen Fehlerquellen der alten Untersuchungsweise aufgedeckt und deren Vermeidung beschrieben ist.

---

1) M. s. weiter die sehr eingehende wie umfassende und oben bereits zitierte Abhandlung von B. Zschokke „Zur technischen Analyse der Tone“ Baumaterialienkunde 1902 H. 10.

2) Auf Grund der erschöpfenden und mustergültigen Abhandlungen von Lunge und Millberg (Zeitschr. f. angewandte Chemie 1897 H. 13) ist, wo es auf Trennung gröbern Quarzes von freier, verbindungsfähiger Kieselsäure ankommt statt Natronlauge Natriumkarbonat als Lösungsmittel anzuwenden.

3) Sonderabdruck aus der Zeitschrift „Die chemische Industrie“. Berlin, Weidmann'sche Buchhandlung.

Daselbst wird uns eine Untersuchungsmethode geboten, welche scharfsinnig begründet und wobei eine Richtigstellung der analytischen Operationen insbesondere beachtet ist. Nachdem Sabeck die Mängel bei den bisherigen analytischen Ermittelungen dargelegt und die teils höchst unbefriedigenden Resulate sowie die in der Literatur aufgetauchten mannigfachen Einwände besprochen, ergaben sich dann folgende bei der Ausführung genau zu beachtende Vorsichtsmaßregeln.

Was die Einzelheiten des Verfahrens und der dabei vorzunehmenden Manipulationen sowie der schließlich entscheidenden Kontrollanalysen angeht, so lassen wir die Angaben Sabecks zum Teil wörtlich folgen.

a) Richtige Konzentration der zum Aufschließen benutzten Schwefelsäure und richtiges Kochen.

Die Verdünnung der Schwefelsäure soll so getroffen werden, daß dieselbe ruhig und ohne Stöße kocht, was bei dem Verhältnis von 150 ccm Wasser auf 50 ccm Schwefelsäure am besten zutrifft. Diese Verdünnung wurde angewendet und dabei beachtet. daß die Gasflamme nicht zu groß ist und nicht zu nahe die Schale berührt, weil sonst eine teilweise Überhitzung ein Stoßen bewirkt. Bei einer solchen Behandlung beginnt die Schwefelsäure nach 4 bis $4^1/_2$ Stunden abzurauchen. Ein weiteres Abrauchen muß dann unterbleiben, da der Feldspat durch die konzentrierte Säure bei der hohen Temperatur aufgeschlossen wird und so zu großen Fehlern in der Bestimmung führt.

b) Doppelte Dekantation.

Ein einmaliges Abgießen gibt Anlaß zu Fehlern und ist die Filtration langwierig und ziemlich ungenau, dagegen erwies sich als empfehlenswert die doppelte Dekantation.

In ein etwa zwei Liter fassendes Becherglas wurde hierbei die mit Wasser verdünnte Flüssigkeit gegossen, in der noch Flocken der Hydrosilikate herumschwammen, ohne darauf zu achten, daß ein Teil des festen Rückstandes mit abgegossen wird. Alle folgenden Dekantationsflüssigkeiten, herrührend von der wiederholten Behandlung mit je 10 ccm (33 Proz.) Natronlauge und einer folgenden mit 5 ccm konzentrierter Salzsäure, gelangen nach fünf Minuten andauerndem Kochen ebenfalls in noch heißem Zustande in das Becherglas, ohne ebenfalls darauf zu achten, ob etwa ein Teil des festen Rückstandes auch in den Becher hinübergeht. Geschieht das Hineingießen der heißen alkalischen Flüssigkeit in das Becherglas vorsichtig, so bildet sich in den oberen Schichten der Flüssigkeit ein Niederschlag von Aluminiumhydroxyd, der sich nur teilweise wieder löst und beim Absetzen alle feineren schwebenden Partikelchen mitreißt. Nach etwa einer Stunde hat sich die Flüssigkeit klar abgesetzt und ist nun leicht zu dekantieren. In der Schale bleibt die Hauptmenge des durch die vorgeschriebene Behandlung nicht gelösten Rückstandes. Derselbe wird mittelst verdünnter Salzsäure, um ein Durchlaufen zu verhüten, auf ein Filter gebracht.

Die im Becherglase befindlichen, klar abgesetzten Dekantationsflüssigkeiten werden von dem Bodensatze so vorsichtig akgegossen, daß keine Spur desselben mit fortläuft. Es verbleiben gewöhnlich 50—100 ccm Flüssigkeit, die in die Schale zurückgebracht und der oben beschriebenen Behandlung mit Natronlauge und Salzsäure unterworfen werden. Die sauren und alkalischen Waschwässer werden diesmal gesondert aufgefangen, damit man sich von der

Abwesenheit mit fortgeschwemmter fester Partikelchen überzeugen kann. Die alkalischen heißen Lösungen setzen sehr leicht den Niederschlag ab. Wäscht man den Niederschlag nach dem Dekantieren ordentlich mit Wasser aus, so wird durch den nun folgenden Zusatz von Salzsäure der ganze flockige Rest des Aluminiumhydroxydes gelöst, und wird daher die wiederholte zweite Operation nur der Sicherheit wegen ausgeführt. Bei gröberen Bestimmungen kann man das wiederholte Behandeln mit Natronlauge und Salzsäure unterlassen. Der Rest wird auf dasselbe Filter gebracht, letzteres in einem Platintiegel verascht und der Rückstand gewogen.

Die Untersuchung des Rückstandes auf Quarz und Feldspat geschieht dann weiter, wie bei Seger angegeben.

c) Oxydation beigemengter organischer Substanzen durch Salpetersäure.

Abzuscheiden sind die organischen Beimengungen des Tones, da sie sonst den Gang der rationellen Analyse stören. Nach Sabeck ist die Oxydation mit Salpetersäure der fehlerhaften mit Kaliumchlorat vorzuziehen. Die Oxydation geht und zwar unter Anwendung von 15 ccm bei einem Ton, der 15 Proz. Kohlenstoff enthält, leicht von statten und ist in 1—1 1/2 Stunden beendet, wobei sich die entstandene Lösung nur sehr wenig bräunlich färbt und durchsichtig erscheint; Kohleteilchen sind nicht mehr wahrzunehmen. Die mineralischen Beimengungen des Tones werden durch die Salpetersäure kaum merklich angegriffen.

Sind einem Tone größere Sand- oder Feldspattrümmer beigemengt, so ist die Durchschnittsprobe durch Zerreiben in einem Porzellanmörser möglichst gleichmäßig herzustellen und erst dann die zur Analyse nötige Menge abzuwiegen. Nach den umfassenden Versuchen von Sabeck ist hierbei nicht zu befürchten, daß die Feinheit der Feldspat-, Glimmer- und Sandteilchen einen zu großen Einfluß ausübt. Nachdem so Schritt für Schritt die bisherigen Schwierigkeiten und Ungenauigkeiten bei der Untersuchung überwunden, verdanken wir Sabeck, wie erwähnt, noch die Feststellung der von der Feinheit der Einzelbestandteile abhängigen Fehlergrenzen. Zu dem Zwecke wurde eine künstlich zusammengesetzte Mischung auf die ursprünglichen Bestandteile geprüft. Die benutzte Mischung bestand aus 3 g Zettlitzer Kaolin, 1 g fein gepulvertem, gebeuteltem, mit Salzsäure und Natronlauge wiederholt ausgekochtem und bei 120° getrocknetem Sand von Hohenbocka und 1 g ebenso gepulvertem und behandeltem Feldspat. Wiewohl sich nach den vorgenommenen Versuchen und Berechnungen von Sabeck bei wiederholt untersuchten Tonen das interessante Resultat ergab, daß die Fehlergrenzen der rationellen Analyse zu bestimmen sind, so wurde doch diese Arbeitsweise wegen ihrer Kompliziertheit und ihrer großen Inanspruchnahme von Zeit verlassen und erschien es praktischer, die Fehlergrenzen der einzelnen Bestandteile für sich festzulegen in getrennter und sinniger Aufstellung.

d) Wirkung der gesamten Operationen bei der rationellen Analyse auf die Kieselsäure in ihrer Abhängigkeit von der Korngröße.

Man unterscheidet bekanntlich nach den gewichtigen Versuchen von Lunge und Millberg bei dem Verhalten der verschiedenen Arten von Kieselsäure zwischen gröberem, staubfeinem und allerfeinstem Pulver. Sabeck

stellte dann dies beachtend mit den verschiedenen Korngrößen des Quarzes noch eine Reihe von Versuchen an und fand hierbei das überraschende und den Versuchen von andern widersprechende Resultat, daß bei Anwendung von Natronlauge[1]) Angreifbarkeit der feinen Teile gegenüber gröbern nicht nachzuweisen ist.

e) Wirkung der gesamten Operationen bei der rationellen Analyse auf die Gesteinstrümmer wie Kalifeldspat, Natronfeldspat und Glimmer.

Sabeck wählte zu diesem Zweck einen Orthoklas aus Schweden, sowie Albit, wie Glimmer. Beide wurden in einem Stahlmörser fein gepulvert, gesiebt, mit Salzsäure und Natronlauge ausgekocht und bis zum konstanten Gewicht getrocknet. Die Körnung war folgende: 1. ganz grobes Korn, durch Gaze von 4000 Maschen pro Quadratzentimeter nicht hindurchgehend, 2. grobes Korn, durch Gaze von 4000 Maschen hindurchgehend, aber nicht durch Gaze von 5000 Maschen, 3. feines Korn, durch Gaze von 5000 Maschen hindurchgehend. Bei den bez. Mineralien wurden auf 1 g 50 ccm Schwefelsäure[2]) genommen.

Alle Operationen nach der beschriebenen Weise ausgeführt ergaben, abgesehen von einzelnen geringen Druckfehlern, bei der Behandlung mit 25 ccm H_2SO_4, mit 50 ccm H_2SO_4 + 5 ccm H Cl und (c), 50 ccm H_2SO_4 + 5 ccm HNO_3 auf 1 g Mineral Verlust oder je gelöste Menge in Prozenten:

	Orthoklas		Albit			Glimmer		
	a	b	a	b	c	a	b	c
	Proz.	Proz.	Proz.	Proz.	Proz.	Proz.	Proz.	Proz.
Ganz grobes Korn . .	0,22	—	1,49	1,21	1,13	71,00	25,59	52,21
Grobes Korn	1,22	0,94	2,22	1,50	1,80	—	41,99	57,96
Feines Korn	2,35	1,92	1,69	2,12	2,20	—	77,59	81,72

Inbetreff des Feldspats usw. gelangt dann Sabeck auf Grund seiner erschöpfenden Versuche zu folgendem höchst wertvollem Schluß: Die Feldspate sind durch die Behandlung mit der Schwefelsäure, Salzsäure und Natronlauge angreifbar, doch nimmt man einen Gehalt von 10 Proz. Feldspat in einem Ton an, was in der Praxis wohl selten vorkommt, so beträgt der Fehler nur noch den zehnten Teil, also wird er im ungünstigsten Falle niemals über 0,2 Proz. betragen. Die rationelle Analyse bezeichnet demnach Sabeck als „absolut nicht ungenauer als jede technische Untersuchungsmethode."

Noch sollen hier besonders angeführt werden die überraschend nahe stimmenden Zahlenwerte a und b, welche bei der je doppelt und unter Beobachtung der bezeichneten Vorsichtsmaßregeln ausgeführten rationellen Analyse von 2 Tonen und 3 Kaolinen erhalten wurden. Die Differenzen fallen bei den genannten Bestimmungen des Wassers und des Quarzes meist nur in die Hundertel Prozente. I. Russischer weißer Ton aus Topkii, Kreis

1) Eine Anwendung von Natriumkarbonat wurde leider nicht versucht, wie wohl Sabeck dessen einzigen Wert zur Erhaltung von wissenschaftlich genauen Resultaten hervorzuheben nicht unterließ.

2) Bei Anwendung von 25 ccm Schwefelsäure war auffallenderweise die Angreifbarkeit stärker als bei 50 ccm in derselben Zeit, was daraus zu erklären, daß in ersterem Falle das Abrauchen eher beginnt, während in letzterem Falle dasselbe später eintritt und nur halb so lange andauert.

Ranenburg, Gouv, Riäsan (mit gröberem Sande). II. Desgleichen schwarzer Ton mit feinerem Sande. III. Halle'sche Erde mit feinem Sande. IV. China Clay geschlämmt. V. Zettlitzer Kaolin von Gebr. Heubach, Lichte bei Wallendorf.

	I.		II.		III.		IV.		V.	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
H_2O	2,67	2,67	3,57	3,57	11,65	11,65	0,75	0,75	1,86	1,86
Quarz	21,12	21,06	5,59	5,51	6,28	6,24	6,84	6,83	2,31	2,21

4. Wert der chemischen Analyse und Folgerungen daraus.

Die gegen die chemische Analyse geführte und oben besprochene Polemik übergehend, welche meist gegen eine die Anforderungen der Praxis zu wenig kennende oder nicht gehörig berücksichtigende Ausführungsweise gerichtet war, nimmt, wie wir der Vollständigkeit halber wiederholen, die Analyse mit ihrem Aufschluß über die Zusammensetzung der Tone, wenn sie nur genau und erschöpfend angestellt ist und die Resultate leicht verständlich dargestellt werden in Anschluß an die wirklichen Verhältnisse, wegen der Orientierung im Allgemeinen sowie als Mittel zur Beurteilung behufs Wertbestimmung eines Tones, wie auch zur Erklärung der Erscheinungen im praktischen Betriebe, eine sehr wichtige und grundlegende Stelle ein. Nur mit Hilfe der Analyse ist eine durchgreifende Gruppierung der verschiedenen Tone zu erlangen, und ist sie für alle künstlichen Zusammensetzungen eine durchaus notwendige Vorbedingung und ein untrügliches Kriterium zu der rationellen Fabrikation.

Gerade für die feuerfesten, wie überhaupt alle reineren Tone, vermag die Analyse die Beziehung zwischen Theorie und Praxis nachzuweisen. Aus der exakten Ermittelung der Einzelbestandteile in ihren numerischen Beziehungen ist bei zweckdienlicher Ausführungs- und Aufstellungsweise ein bestimmter Schluß hinsichtlich des Verhaltens eines Tones im Feuer zu ziehen. Zwischen der Schmelzbarkeit und Zusammensetzung besteht eine gesetzmäßige Übereinstimmung. Zu verweisen ist hier auf die Aufsehen machenden neuesten Arbeiten von Dr. Jochum,[1]) welche mit Hilfe einer größern Reihe von graphischen Tabellen unter Aufwand von vieler Mühe und außerordentlichem Fleiß durchgeführt wurden. Nicht weniger als 130 Analysen finden sich in einem Ordinatensystem graphisch aufgetragen.

Aus den Zusammenstellungen ergibt sich als Hauptresultat: daß mit den analytischen Daten die pyrometrischen nicht immer völlig parallel gehen, was dann etwaige Zweifel hinsichtlich der Zulänglichkeit der Analyse für die pyrometrische Beurteilung übrig läßt. — Hiergegen ist zunächst zu bemerken, daß sich der Grund für ein ungenügendes Stimmen zunächst und zwar mehr als ausreichend in den Ermittlungen mit Hilfe der Segerkegel suchen läßt, welche, wie am Schluß dieses Kapitels folgt, je nach der Bestimmungsweise um 2—3 Kegel schwanken können.

Weiterhin erinnert Jochum in betreff der analytischen Ermittlung der Flußmittel an deren verschiedene Herkunft, welche außer im eigentlichen Tone

1) Die Anforderungen der Hüttenindustrie an die Fabrikation feuerfester Produkte „Ein Beitrag zur Feststellung des Begriffes feuerfest." M. s. Abhandlung Tonind.-Ztg. 1903 Nr. 51.

auch in den beigemengten Gesteinsresten d. h. den unzersetzten Mineralien sich befinden.

Unzweifelhaft üben allerdings die Flußmittel bei letzteren eine andere Wirksamkeit als bei ersteren aus; quantitativ sind jedoch die Tonteilchen gegenüber den unzersetzten Mineralien in der Regel bei weitem vorwiegend vorhanden und kommen daher diese überhaupt viel weniger in Betracht. Bei den Tonen, welche in hohem Maße verwittert und daher sehr frei von unzersetzten Mineralien sind, dürfen die Flußmittel als nur dem Tonteilchen angehörig zu betrachten sein und daher in der bisherigen Weise ihre maßgebende Rolle spielen. Übrigens ist diese verschiedene Wirksamkeit der Flußmittel mittelst gründlicher Versuche noch genauer zu verfolgen, um einen bestimmteren und sicheren Anhalt zu erlangen.

Gehen wir über zu der Bedeutung, welche immerhin die analytische Prüfungsweise für die Beurteilung der feuerfesten Tone bietet, so sind dabei folgende Punkte ins Auge zu fassen.

In betreff des Wertes der pyrometrischen Bestimmungen überhaupt ist darauf aufmerksam zu machen, daß immerhin als erstes Erfordernis oder als Grundbedingung die positive Ermittlung der Feuerfestigkeit irgend eines Materials zu gelten hat, da dasselbe notwendig die zu ertragende Temperatur ohne sich zu deformieren auszuhalten hat.

Jochum empfiehlt dabei die Normaltone des Verfassers als pyrometrisches Bestimmungsmittel und hebt deren recht zweckdienliche Klassifikation für die verschiedenen keramischen Fabrikationszweige und speziell den Tonhandel hervor. Zu bemerken ist ferner, daß die analytische Bestimmung des Eisens wie der Magnesia immerhin von maßgebender Bedeutung, da bei ersterem ein Gehalt von beträchtlich über 1 Proz. und von letzterer bis zu 1 Proz. entschieden nachteilig ist und die Brauchbarkeit in pyrometrischer Beziehung wesentlich herabsetzt. In zweiter Linie sind dann ins Auge zu fassen die nicht unwichtigen physikalischen Bedingungen d. h. die Frage, wie weit sich das Material dicht, fest, schwindend oder wachsend brennt oder ferner eine Sinterung und selbst Verglasung eintritt. Weiterhin verlangen Beachtung die Berührungsmittel und zwar die unmittelbaren und die immer sich einstellende Ofenschlacke sowie im besonderen Fall die Stoffe: Eisen, Glas, Soda, Metalle usw. überhaupt. Die Flußmittel befördern stets die Schmelzbarkeit eines Tones und bleibt trotz deren verschiedener Wirksamkeit das Gesetz: je mehr Flußmittel auf 1 Teil Tonerde kommen, um so leichter schmelzbar ist das Tongemenge und läßt sich für ein Maximum der Flußmittel eines Tones mit aller Bestimmtheit sagen, daß derselbe nicht mehr als hochfeuerfest gelten kann. Die eingehende Beurteilung der Stellung eines Tones beruht entschieden auf der Kombination einer Reihe von mehr oder minder wichtigen sowohl chemischen als physikalischen wie auch mechanischen Faktoren, wobei der eine vor dem andern im gegebenen Falle zu beachten ist. Die chemische Analyse ist dabei in erster Linie berufen, vor Trugschlüssen zu schützen. In seiner neuesten verdienstvollen Schrift [2]) schreibt Jochum für die Beurteilung der ff. Tone der chemischen Analyse nur einen relativen Wert zu, dagegen eine entscheidende Bedeutung den physikalischen Eigenschaften und zwar der Bestimmung der Trocken- und Brennschwindung, wobei die Mahlfeinheit von Einfluß ist.

Berechnungsweise aus der Analyse. Die chemische Analyse gibt

1) Die chemische Analyse als Maßstab der Feuerfestigkeit usw. Berlin 1903.

das Mittel an die Hand, aus bekannten Größen eine unbekannte zu berechnen, wovon ein Beispiel sich anschließen möge. Aus der chemischen Analyse eines gegebenen Tones, wie Gemenges, läßt sich eine, dem letzteren gleiche Masse berechnen, wie dies ebenso für feuerfeste Mischungen anwendbar und unter anderen von Seger in ebenso einfacher, als zweckdienlicher Weise angegeben worden ist. (Tonindustrie-Ztg. 1879, No. 30).

Wählen wir mit Seger die Analyse:

	Veltner Ton	und eine Glasur
Kieselsäure	43,65	26,33
Tonerde	12,09	5.43
Eisenoxyd	5,10	11,98
Kalkerde	16,40	7,94
Bittererde	1,33	0,91
Alkalien	3,80	2,18 (als Rest)
Glühverlust	17,16	5,45
		39,78 Bleioxyd
	99,62	100,00

Wird der Tonerdegehalt der zu berechnenden Glasur einzig dem Ton-Zusatz entnommen, so ergibt sich das demselben entsprechende Tonquantum aus der Proportion:

$$12,09 : 100 = 5,43 : x, \text{ d. h.}$$
$$x = 44,90.$$

44,90 Teile Veltner Ton enthalten aber an fixen Bestandteilen:

Kieselsäure	19,59	Teile
Tonerde	5,43	„
Eisenoxyd	2,29	„
Kalkerde	7,36	„
Bittererde	0,59	„
Alkalien	1,74	„

Zieht man diese Zahlen von den Zahlen der Glasuranalyse ab, so verbleiben die den 44,90 Teilen Veltner Ton zuzufügenden Stoffe, um eine Glasur von der gewünschten Zusammensetzung zu erhalten, wie folgt:

Kieselsäure	6,74
Eisenoxyd	9,69
Kalkerde	0,58
Bittererde	0,38
Alkalien	0,44
Bleioxyd	39,78
Manganoxydul	5,45

Versucht man die fehlenden Stoffe zuzusetzen und zwar die Kieselsäure in Form von Quarzsand, das Eisen als Eisenrot, den Kalk als Kreide, das Blei als Bleiglätte und das Manganoxydul als Braunstein, so ergibt sich der Versatz in abgerundeten Zahlen folgendermaßen:

45,0 Veltner Ton
6,7 Quarzsand
9,7 Eisenoxyd
2,5 kohlensaurer Kalk
40,0 Bleiglätte
7,5 90 proz. Braunstein,

um aus dem Veltner Ton ein mit der untersuchten Glasur endgültig im wesentlichen gleiches Produkt zu erhalten.

Will man, was nicht selten verlangt wird, und namentlich für den Fabrikanten feuerfester Waren von Interesse ist, einen wasserhaltigen Ton auf den wasserfreien Zustand berechnen, so ist von der Summe 100 oder darauf berechnet, die Wassermenge oder der Glühverlust abzuziehen und ergibt sich dann die Gleichung 100 — Glühverlust : 100 = 1 : x. Mit der für x gefundenen Zahl ist dann jeder Bestandteil zu multiplizieren.

Aufstellungsweise der Analyse. Mit Beibehaltung der früheren Reihenfolge der Tonbestandteile nach ihrer pyrometrischen Bedeutung, wobei die Tonerde als der wertvollste an die oberste Stelle gesetzt wurde, dann die Kieselsäure und hierauf die Flußmittel folgten, ergibt sich folgende Aufstellungsweise. Die Flußmittel sind dabei nach dem Gesetz der Äquivalenz geordnet.

Tonerde (Al_2O_3) Gesamtmenge.
Kieselsäure (SiO_2) Gesamtmenge.[1])
Magnesia (MgO).
Kalk (CaO).
Eisenoxyd (Fe_2O_3).
Kali (K_2O).
Glühverlust.

Folgerungen aus der Analyse. Aus einer erschöpfend vollständigen Analyse, d. h. durch Kombination der empirischen Analyse mit der rationellen erhält man folgende ableitbare Werte für die Tonerde, Kieselsäure und die Flußmittel.

Die gesamte Menge der Tonerde enthält die dem Tone und die den Mineraltrümmern zukommende.

Die gesamte Kieselsäure zerfällt in die dem eigentlichen Tone incl. seiner näheren Beimengungen (den Flußmitteln) und die dem Quarzsande mit Einschluß der Mineraltrümmer (unreiner Sand) und dem reinen Quarzsande zugehörige Menge.

Bei den Flußmitteln sind wie gesagt von den dem Tone beigemengten Basen die den Mineraltrümmern angehörigen zu unterscheiden.

5. Berechnungsweise von Formeln aus der Analyse.

Chemische Formel für den Kaolin und Kaolinit wie den Ton überhaupt. Sieht man den feuerfesten Ton in seinen reinsten Arten als durch den Kaolin und die besten Varietäten des Schiefertons repräsentiert an, so kann die für den Kaolin aufgestellte Formel (Al_2O_3, $2\,SiO_2\,2\,H_2O$) als Norm gelten[2]).

Nach Seger[3]) entspricht die Zusammensetzung der europäischen Kaoline stets der Formel $Al_2O_3\,2\,SiO_2 + 2\,H_2O$, welche verlangt: 39,77 Tonerde, 46,33 Kieselsäure, 13,90 Wasser.

Bekanntlich sind für den Kaolin bisher von Brongniart, **Malaguti**,

---

1) Darin durch Schwefelsäure nicht aufgeschlossener Sand mit Tonerde, Eisenoxyd, Kali und Kieselsäure.

2) Eine andere Formel wurde für Kaolin von Groon angegeben s. Tonindustrie-Ztg. 1884, Nr. 40.

3) Tonindustrie-Ztg. 1891, Nr. 41.

Forchhammer, Tereil und Fresenius verschiedene ältere Formeln aufgestellt worden, während in neuerer Zeit nach Rammelsberg, dem umsichtigsten und eingehendsten Forscher auf diesem Gebiete, die oben bezeichnete Formel für den Kaolin gilt:

$$Al_2O_3\,2\,SiO_2\,2\,H_2O \text{ oder } Al_2Si_2O_7 + 2\,aq, \text{ oder } H_4Al_2Si_2O_9$$

Das Verhältnis von Al_2 : Si wie Si : H ist = 1 : 2.

Die Zusammensetzung des reinsten Kaolins, wofür, wie gesagt, man den Namen Kaolinit vorgeschlagen hat, ist nach Hills:

Tonerde	39,59 Proz.	= 21,14	Aluminium	+ 18,45	Sauerstoff
Kieselsäure	46,35 „	= 21,63	Silicium	+ 24,72	„
Eisenoxyd[1])	0,11 „	= 0,09	Eisen	+ 0,02	„
Wasser	13,93 „	= 1,55	Wasserstoff	+ 12,38	„
Fluor	0,15 „	=	äquivalent	0,95	„

Läßt man die kleine Eisenoxydmenge unberücksichtigt und dividiert die berechneten Mengen der Elemente durch ihre bezüglichen Atomgewichte

$$Al = 27{,}3,\ Si = 28,\ H = 1,\ O = 16$$

so erhält man ihre relativen Atommengen und aus letzteren Zahlen wiederum, wenn man diese durch eine zweckmäßig gewählte Zahl, wozu in manchen Fällen die kleinste derselben ausreicht, hier aber die Hälfte der kleinsten genommen werden muß, dividiert, angenähert die Relation der Atommengen in den kleinsten ganzen Zahlen oder die sogenannte chemische Formel; im vorliegenden Beispiel:

$$\text{Aluminium} \quad \frac{21{,}14}{27{,}3} = 0{,}774 = 2$$

$$\text{Silicium} \quad \frac{21{,}63}{28} = 0{,}773 = 2$$

$$\text{Wasserstoff} \quad \frac{1{,}55}{1} = 1{,}55 = 3$$

$$\text{Sauerstoff} \quad \frac{55{,}62}{16} = 3{,}475 = 9$$

entprechend der oben angegeben Formel

$$Al_2Si_2H_4O_9 + Al_2Si_2O_7 + 2\,H_2O\,(aq).$$

Auch läßt sich das Äquivalentenverhältnis von Tonerde, Kieselsäure und Wasser in der Weise berechnen, daß man die gefundenen Prozente dividiert durch die Äquivalente in bezüglichen Bestandteilen.

Man erhält so:

$$\text{Tonerde} \quad \frac{39{,}59}{103} = 0{,}38$$

$$\text{Kieselsäure} \quad \frac{46{,}35}{60{,}5} = 0{,}77$$

$$\text{Wasser} \quad \frac{13{,}93}{18} = 0{,}77$$

woraus sich das Äquivalentenverhältnis 1 : 2,03 : 2,03 gegenüber dem theoretischen 1 : 2 : 2 berechnet, so daß wie oben eine fast absolute Übereinstimmung zwischen dem gefundenen und theroretischen Resultat stattfindet.

1) Ist nach Richters als Oxydul berechnet.

Was den vorhin bezeichneten Überschuß an Kieselsäure und die geringere Menge Tonerde, als sich nach der Formel berechnet, angeht, so lassen die Kaoline dies als Regel erkennen. Es rührt dies von den selbst möglichst rein geschlämmten Kaolinen stets beigemengten Quarzstäubchen her.

6. Analyse und Feuerbeständigkeit.

Der Wert eines Tones in feuerfester Hinsicht berechnet sich wie im vorigen Kapitel dargelegt und abgehandelt wurde, aus dessen Zusammensetzung. Es kommt hierbei auf die möglichst genaue Feststellung an, wieviel Tonerde auf eine gewisse Menge oder ein Teil Flußmittel, sowie zugleich wieviel Kieselsäure auf ein Teil Tonerde kommt. Unter einer Reihe von Tonen, nehmen wir den einfachsten Fall, ist derjenige der am meisten schwerschmelzbare, bei dem die Rechnung am meisten Tonerde im Verhältnis zu den Flußmitteln und umgekehrt am wenigsten Kieselsäure im Verhältnis zur Tonerde nachweist. Ist bei zwei oder mehreren Tonen bald das eine bald das andere Verhältnis vorwiegend oder zurücktretend, so läßt sich durch einfache Rechnung der pyrometrische Wert, ausgedrückt in einer bestimmten Zahl, also vergleichbar mit andern feststellen. Die so gefundenen Zahlen vermögen im Falle großer Reinheit des Tones und namentlich größter Sandfreiheit, ein Kriterium für die Genauigkeit der Gesamtbeobachtungen abzugeben und läßt sich dadurch das analytische und pyrometrische Resultat wechselseitig kontrollieren. Findet dies nicht statt, so ist die oben bezeichnete neue umfassendere und einwandfreie Berechnungsweise des F. Q. auszuführen. Selbstverständlich setzt diese Berechnung voraus, daß die Analyse mit aller erreichbaren Genauigkeit ausgeführt ist.

Als Beispiel der alten Berechnungsweise aus den Daten der Analyse möge hier die des Zettlitzer Normalkaolins angeführt werden. Derselbe hat die Zusammensetzung:

Tonerde .	38,54	= 17,96	Sauerstoff	
Kieselsäure	45,68	= 24,36	„	
Magnesia .	0,38	= 0,15	„	0,46
Kalk . .	0,08	= 0,02	„	
Eisenoxyd .	0,90	= 0,18	„	
Kali . . .	0,66	= 0,11	„	
Glühverlust	13,00			
	99,24			

Die Flußmittel gegenüber der Tonerde als Einheit gesetzt ergibt

$$\frac{17,96}{0,46} = 39,04 \text{ (alt } 13,01).$$

Desgleichen die Kieselsäure als Einheit gesetzt:

$$\frac{24,36}{17,96} = 1,36 \text{ (alt } 0,45),$$

oder als Formel zusammengefaßt:

$$39,04\ (Al_2O_3,\ 1,36\ SiO_2) + RO$$

gibt Feuerfestigkeitsquotient

$$\frac{39,04}{1,36} = 28,71 \text{ (alt } 9,57).$$

Einer vereinfachten, aber um so viel weniger exakten und mit Fehlern behafteten Berechnungsweise bediente sich Cronquist[1]) in einer über 100 vollständige Analysen enthaltenden Arbeit. Ausgehend von obigen drei, die Feuerfestigkeit bestimmenden Faktoren in ihren entscheidenden Mengenverhältnissen untereinander, kombiniert auch Cronquist das der Tonerde zu den Flußmitteln, welcher ersteren er aber noch die Kieselsäure hinzufügt, mit dem der Kieselsäure zur Tonerde. Es berechnet dabei nach Abzug des Glühverlustes seine Zahlen unmittelbar aus denen des chemischen Bestandes und nicht aus den Sauerstoffmengen, sowie auch die bei den Flußmitteln in pyrometrischer Beziehung geltenden Äquivalenzen unberücksichtigt bleiben. Berechnet man, beiläufig bemerkt, aus den von Cronquist gewählten abgerundeten Grenzwerten die ihnen entsprechende chemische Zusammensetzung und aus letzterer den Feuerfestigkeitsquotienten, so ergibt sich, daß der Autor seinen obersten Anfangspunkt auf halber Höhe der Skala der Normaltone nimmt. Den Nullpunkt der feuerfesten Tone setzt Cronquist in bemerkenswerter Weise auch nahe gleich mit den Tonen, welche man in der Praxis am Rhein im allgemeinen noch als hoch feuerfest bezeichnet. Zu bemerken ist, daß für die Tone die Feuerfestigkeit abnimmt mit der Zunahme der Flußmittel wie der der Kieselsäure; für die Sandsteine hingegen wächst umgekehrt die Schwerschmelzbarkeit mit der vermehrten Kieselsäuremenge gegenüber der Tonerde.

Eine beachtenswerte und interessante Arbeit ist von Wagner in Tokio (Japan) erschienen (Tonindustrie-Ztg. 1882, Nr. 48) in betreff einer andern Berechnungsweise eines Zahlenwertes für den Feuerfestigkeitsquotient. Wagner berechnet aus den Daten der Tonanalyse je nach den sich ergebenden Verhältniszahlen zwischen Tonerde und Kieselsäure die Mengen verschiedener Tonerdesilikate, hierauf den Gehalt des sich ergebenden tonerdefreien Glases, wie des Alkalisilikats und zieht dann hieraus Schlüsse hinsichtlich der Schwerschmelzbarkeit des Tones, je nachdem einerseits ein mehr basisches oder mehr saures Tonerdesilikat vorliegt und andererseits je nach der gefundenen größern oder geringern Menge des tonerdefreien Glases wie des Alkalisilikats. Er geht alsdann noch weiter und gelangt zu folgender Darlegung. Die Feuerbeständigkeit ist der Menge der unschmelzbaren oder schwerschmelzbaren Verbindungen direkt und den schmelzbaren, d. h. der Glasmenge, umgekehrt proportional zu setzen. Diese schwerschmelzbaren Verbindungen sind nicht gleichwertig; das Silikat $Al_2O_3 3SiO_2$ glasiert sich in der Weißglühhitze, $Al_2O_3 2SiO_2$ widersteht einer weit stärkeren Hitze und endlich $Al_2O_3 SiO_2$ ist sehr schwer schmelzbar. Man kann dieselben also nicht direkt summieren, sondern muß ihre Mengen mit je einem Wertigkeitskoeffizienten multiplizieren. Gegen eine solche rein theoretische Aufstellung ist einzuwenden, daß sich beim Schmelzen der Tone nicht zerlegende, sondern im Gegenteil assimilierende (kombinierende) Prozesse vollziehen, und jedenfalls stets zuerst die schmelzbarsten Verbindungen entstehen, die dann immer die leichtflüssigsten zusammengesetzteren, d. h. Doppelverbindungen eingehen.

An die Stelle der rechnungsmäßig gesonderten binären Verbindungen, welche nur etwa vorübergehend eine Rolle für sich spielen, treten daher die zusammengesetzteren, als die endgültig entscheidenden. Diese letzern je

1) Cronquist, Preisschrift über die die Kohlenablagerungen des südlichen Schwedens begleitenden feuerfesten Rohmaterialien, Tone, Schiefer und Sandsteine. (Tonindustrie-Ztg. 1880, Nr. 3.)

nach dem Hitzgrade immer vollständiger auftretenden Doppelverbindungen sind bedingt durch die proportionalen Mengen der einzelnen Hauptbestandteile der Tone: der Tonerde, Kieselsäure und Flußmittel untereinander.

Was die angedeuteten Vorgänge, namentlich bei der Entstehung der zusammengesetzteren Verbindungen und deren Wirkung untereinander angeht, so liegen bis jetzt hierüber zu wenig angestellte Versuche vor, um eine klare Einsicht sich verschaffen zu können. Nichtsdestoweniger verdient die Wagnersche Aufstellung wegen des angestrebten einheitlichen Gesichtspunktes für die verschiedenen keramischen Industrien benutzt und weiter verfolgt zu werden.

III. Pyrometrische Untersuchung.

Die Untersuchung der Tone im Feuer oder vielmehr unter dessen verschiedener Einwirkung, bildet wegen ihrer Unmittelbarkeit für die Beurteilung aller feuerfesten Tone stets die erste und zwar präjudizierende **Fundamentalfrage**; aber auch für alle übrigen Tone ist ihr Verhalten beim Glühen oder Brennen von großer Wichtigkeit. Wie bekannt, werden alle Tonwaren gebrannt, und erlangen erst durch den Brennprozeß ihre Befähigung zum Gebrauche. Ist doch die Qualität keramischer Erzeugnisse zum großen Teil von der Temperatur und den dabei herrschenden Umständen abhängig. Ganz im allgemeinen muß daher jede Tonuntersuchung zugleich pyrometrisch sein. Mittelst der Glühversuche im besonderen oder der Brennresultate im allgemeinen [1]) gewinnt man immerhin stets in einen gewissen Kreis von Eigenschaften der Tone soviel Einblick, daß man sich von ihrer Verwendbarkeit für bestimmte Zwecke eine sichere Vorstellung machen kann. Es läßt sich so gewissermaßen eine Diagnose des Tones nach den Glüherscheinungen machen.

Die pyrometrische Untersuchung hat, wie weiter unten eingehender noch folgt, eine ganze Reihe von Fragen, die an einen Ton hinsichtlich des Verhaltens im Feuer gestellt werden, zu beantworten. Im besonderen hat sie scharf zu unterscheiden zwischen Erweichen und Schmelzen des Tones oder dem Sinterungs- und Schmelzpunkt, welche beide, wie wir wissen, weit von einander, aber auch wenn schon seltener, nahe beisammen liegen können. Sie muß außer dem Grad der Schwerschmelzbarkeit, außer den Glüherscheinungen in den höheren Hitzegraden auch diejenigen in den niederen beachten, die Einflüsse der schwächeren wie stärkeren Rotglühhitze, ebenso die der reduzierenden, wie oxydierenden Flamme, sowie ferner die der noch wenig studierten Berührungsmittel, der Flugasche, der flüssigen Ofenschlacke, basischen oder sauren, und weiterhin im bestimmten Falle die der speziellen wie Eisen, Glas, Erze, flüchtige Metalle, Säuren und Salze usw. Die pyrometrischen Bestimmungen, welche als Hauptgrundsatz soviel wie möglich auf das Zusammentreffen mehrerer parallel gehender Merkmale zu begründen sind, müssen Methoden befolgen, die nach allen Seiten hin durchprobiert und durchstudiert sind, damit sie ein sicheres, in den Einzelheiten verfolgbares mit bekannten Größen rechnendes, wie kontrollierbares Hilfsmittel bieten. Ferner sind dieselben so einzurichten, daß sie sich verhältnismäßig einfach und rasch anstellen wie wiederholen lassen. Das pyrometrische Resultat hat den Leitfaden

2) Mittels der Brennversuche sind zu bestimmen die Färbung, etwaige Unreinigkeiten und die Schwindungsverhältnisse (Dichtigkeit und Porosität) eines Tones.



abzugeben, der den Tonproduzenten führt, ihn anspornt und vornehmlich vor Illusionen bewahrt und den Konsumenten schützt vor Mißgriffen, auf daß beide sicher und bewußt ihr Ziel verfolgen; als ideale Aufgabe der pyrometrischen Untersuchung ist dabei zu bezeichnen, daß sie die feuerfeste Industrie zu heben strebt statt herabzudrücken und den Fortschritt auf diesem Gebiete zu hemmen. Die pyrometrischen Ermittelungen haben endlich den kausalen Zusammenhang der Schmelzerscheinungen nachzuweisen und damit der Wissenschaft zu dienen.

So ist die pyrometrische Untersuchung berufen für den Produzenten der Maßstab, für den Fabrikanten der hinweisende Ratgeber und für den Forscher die Handhabe zu sein.

Schicken wir noch voraus, um welche Hitzegrade es sich bei den pyrometrischen Prüfungen handelt, so richtet sich dies nach den in unseren Feuerungen überhaupt herrschenden Temperaturen und der im äußersten, wenn auch seltenen Falle, als höchste anzunehmenden, über deren Höhe man noch ziemlich häufig ganz übertriebenen Vorstellungen begegnet. Hat man doch noch vor gar nicht langer Zeit nach Angabe in dem Lehrbuch der chemischen Technologie von Wagner die Scharffeuertemperatur eines Porzellanofens auf sage elf- bis zwölftausend Grad geschätzt. Nach List[1]) ist selbst bei Gasfeuerung ca. 2000° C die höchste hervorzubringende Temperatur mittelst industriell verwendeter Brennstoffe, welche hauptsächlich Kohlensäure als Verbrennungsprodukte liefern und wobei zugleich anzuführen ist, daß nach Deville und Bunsen selbst die höchste künstlich zu erzeugende Temperatur (durch Verbrennung von Wasserstoff in Sauerstoff) ca. 3000° C beträgt[2]). Ob bei Anwendung von komprimiertem Sauerstoff noch eine Steigerung zu erzielen, muß vor der Hand unentschieden bleiben.

Fletcher, der mit komprimiertem Sauerstoff Versuche anstellte, vermochte wohl mit Hilfe eines eigens konstruierten Lötrohrs in ein vierzölliges gußeisernes Dampfrohr leicht ein Loch zu schmelzen, Temperaturmessungen wurden aber dabei nicht angestellt. Chem. Ztg. 1888.

Nach C. Otto „Beleuchtung des neuesten Fortschritts in der Feuerungstechnik“ soll man durch Gasverbrennung unter konstantem Volumen (Hochdruckfeuerung) eine Temperatur erreichen, worin Tonerde und Beryllerde mit Leichtigkeit zum Schmelzen gebracht wird. Die höchsten Temperaturen lassen sich bis jetzt bekanntlich nur auf elektrischem Wege erzielen. Violle schätzte die Temperatur des positiven Poles beim elektrischen Lichtbogen auf 3500° C. Neuere Messungen von Wilson und Gray haben ergeben, daß die Temperatur des positiven Poles beim elektrischen Lichtbogen 3500° C, nach noch neueren Messungen der beiden Forscher beträgt die Temperatur des positiven Poles 3300° und die des negativen Poles ungefähr 2400°.

Halten wir uns diesen wohl eher zu hoch angenommenen und jedenfalls unbestimmten Maximaltemperaturen gegenüber an eine solche, in welcher die am höchsten stehenden Tone (Normaltone der ersten und zweiten Klasse), sich noch halten, aber deutlich abschmelzen, sofern sie geschützt sind vor Schlackenaufnahme, so dürfte dieser schon recht hohe Hitzegrad aus mehreren Gründen schon als Anhalt in den meisten Fällen vollständig genügen. Ein Abschmelzen

1) Notizblatt 1883, S. 119.
2) Selbst die höchste mittels des elektrischen Lichtbogens erreichbare Temteratur geht nicht über 3500° C. hinaus.

stellt sich ein in der wirklichen Platinschmelzhitze, d. h. der Temperatur, in welcher ein in einer Tonerdekapsel luftdicht eingeschlossener Platindraht zu einer Kugel zusammenschmilzt.

Es läßt sich dieser und selbst ein verhältnismäßig noch bedeutend höherer Hitzegrad, somit ebenso sicher kontrollieren als erreichen in dem zu den pyrometrischen Prüfungen in seiner verbesserten Form besonders geeigneten und unten näher beschriebenen Devilleschen Gebläseofen bei einem Aufwande von allerdings größerer Anstrengung und sehr hoher Anforderung an die Glühtiegel. Will man noch höher mit der Temperatur gehen, so können Legierungen zwischen Platin und Iridium genommen werden, für welche beide Metalle der Schmelzpunkt bekannt ist und sich daher der jeglicher Legierung berechnen läßt.

Bei tiefer stehenden Tonen reicht schon annähernde Platinschmelzhitze aus und weiter hinab genügen Hitzegrade, die sich durch die Art der Formänderung des zusammenschmelzenden niedrigsten nachfolgend abgehandelten Normaltons mit einem augenfälligen und überraschenden Zutreffen, hinsichtlich selbst kleiner Temperaturunterschiede stufenweise deutlich erkennen lassen. Für geringere Anforderungen und zur Ermittelung sonstiger erwähnter wertvoller Eigenschaften der Tone, wie der Schwindung, Brandfarbe, Porosität, rissiges, fleckiges Brennen usw. oder auch besonderer Beimengungen, sind als feste Punkte eine Temperatur von 1500 und 1600° C (Palladium- oder Nickelschmelzhitze) oder tiefer, Silberschmelzhitze (1000° C) vornehmlich zu benutzen. Die Glühung in ersterer Temperatur und zwar bei reduzierender Atmosphäre, bietet bei den pyrometrischen Bestimmungen manche recht annehmbare Kennzeichen. So gibt sie unter anderem eine empfindliches Erkennungsmittel ab, ob ein Ton feldspathaltig [1]) ist oder ähnliche leicht schmelzbare Mineralien, wenn auch nur sporadisch enthält, namentlich, wenn derselbe durch eine größere, mindestens über 1 % gehende Eisenbeimengung verunreinigt ist. Es überrascht in letzterem Falle, wenn sich ein Ton einerseits in Silberschmelzhitze reinweiß, ziemlich weiß oder hellfarbig und nun in der bezeichneten Temperatur von 1500°, in reduzierender Atmosphäre, dunkelfarbig bis schwärzlich brennt, da sich nunmehr die Wirksamkeit des Eisens auf das Augenfälligste geltend macht.

Der sich ergebende Gegensatz in dem Schwindungsmaße der Tone bei ca. 1000° und 1500° C bietet uns, wie bei dem Kaolin bereits erwähnt und unten noch eingehender besprochen ist, ein Mittel zur charakteristischen Kennzeichnung der Kaoline gegenüber den plastischen Tonen.

Platinschmelzhitze. — Was die Platinschmelzhitze angeht, welche imstande ist, ein außerordentlich hohes Maß für eine bestimmt erreichte Temperatur abzugeben, so mögen hier die Bedingungen bestimmter besprochen werden, unter denen der Schmelzpunkt des Platins ein sicheres pyrometrisches Merkmal gibt. In betreff der Temperatur, bei welcher das Platin schmilzt, herrscht eine nicht geringe Unsicherheit und Verwirrung, wofür der Aufklärung gebende Grund in beigemengten, entweder schon vorhandenen oder, was nicht selten übersehen worden ist, während des Glühens hinzukommenden Beimengungen zu suchen ist. Bekanntlich ändert sich die Schmelzbarkeit des Platins sehr bedeutend durch Aufnahme anderer Substanzen, so namentlich von Kohlenstoff oder Silizium. Hierbei ist zu beachten, daß die Kohlenstoff- wie Siliziumaufnahme des glühenden Platins nicht nur bei direkter Berührung, son-

1) Der Feldspat verrät sich alsdann durch ein pockiges Brennen.



dern auch auf indirektem Wege mittelst Wandern des Siliziums durch reine Kohle ins Platin oder nach Schützenberger und Colson im dampfförmigen Zustande, vielleicht als flüchtiges Stickstoffsilizium oder als Kohlenstoffsilizium stattfindet[1]). Während das reine Platin nach sorgfältigen kalorimetrischen Bestimmungen von Violle in einer Temperatur von 1775° C schmilzt, womit auch die Angaben von Erhard und Schertel (1779° C) übereinstimmen[2]), schweißt dasselbe nach Versuchen des Verfassers bereits zusammen in einer Temperatur von ca. 1500° (Palladiumschmelzhitze), wenn man dünne Blechstückchen davon in einem kohlehaltigen Tontiegel bringt. Übereinander gelegte Blättchen kleben alsdann mit einer gewissen Festigkeit aneinander. Glüht man Platinstreifchen auf einer Graphitunterlage, so schmelzen dieselben schon bei einer Temperatur von ca. 1600° (Nickelschmelzhitze) völlig zu Kügelchen. Ferner fanden Langer und Meyer, was auch der Verfasser wiederholt beobachtete, daß Asche ein Schmelzen von Platin in verhältnismäßig niedriger Temperatur zuwege bringt.

Legt man hingegen Stückchen Platindraht in eine Kapsel aus chemisch reiner Tonerde, läßt dieselbe aber offen oder verschmiert sie mit kieselsäurehaltiger Tonmasse, wobei also eine Beimischung von Kohlenstoff und Silizium nicht vollständig ausgeschlossen ist, so erfordert das Platin eine schon hohe aber wesentlich geringere Temperatur, um es zum Schmelzen zu bringen. Die Erhitzung ist in diesem Falle schon so weit zu steigern, daß der Tontiegel aus bester Schiefertonmasse und ein Bruchteil geschlämmten reinsten Kaolins ein teilweises deutliches Abschmelzen zeigt; derselbe hält sich aber alsdann noch aufrecht und ohne größere Deformierung. Die Tiegelmasse zeigt nur eine Erweichung, wenn das Brennmaterial rein genug und keinen Anlaß zu einem allzugroßen Schlackenangriff bietet. Wird endlich die bezeichnete reines Platin enthaltende Tonerdekapsel mit reiner und auch nicht mehr schwindender Tonerde völlig verschlossen[3]), so ist eine enorme Steigerung der Hitze erforderlich, bei welcher der bezeichnete beste Schiefertontiegel nicht mehr aushält und bedeutend zusammengeht. Will man den Tiegel genügend erhalten, so läßt sich dies, wie schon erwähnt, erzielen durch ein darin angebrachtes Tonerdefutter aus scharfgebrannter Tonerde oder durch Anwendung sehr tonerdereicher Tiegelmasse. In einem solchen Tiegel gelang es auch wiederholt, daß Stückchen von Iridium in einer völlig verschlossenen Tonerdekapsel in 30 Minuten Glühzeit zu einem Ganzen fest zusammenschweißten, ein Schmelzen zu einem Kügelchen war aber nicht zu erreichen. Das völlige Schmelzen des Iridiums erfordert somit noch eine entschieden höhere Temperatur. Nach neueren Forschungen setzte Violle den Schmelzpunkt des reinen Iridiums auf 1850° C fest. (Chem. techn. Mitteil. 1885, H. 3, S. 55).

Das Aussehen des erhitzten Tiegels kann also schon ein gewisses Merkzeichen für das schmelzende Platin abgeben.

Bei sorgfältiger Anwendung der beschriebenen Tonerdekapsel ergibt sich

---

1) Chem. Zentralbl. 1882, Nr. 39.

2) Jahrb. für d. Berg- und Hüttenwesen in Sachsen 1879.

3) Es ist dabei zu beachten, daß die Tonerdekapsel, welche sich selbst in einem niedergegangenen Tiegel noch auffinden läßt, auch ohne Risse bleibt und muß man sich mittels der Lupe überzeugen, daß weder die Kapsel, noch die verschmierte Öffnung solche zeigt. Ein doppeltes Verschmieren der angefeuchteten Kapsel erst mit heftigst vorgeglühter Tonerde und dann mit Tonmasse gibt einen haltbaren Verschluß.

somit, daß, abgesehen von der erreichten Iridiumschweißhitze, eine außergewöhnlich hochgesteigerte Temperatur aufzuwenden ist, wenn reines und so auch sorgsam erhaltenes Platin zum Schmelzen gebracht werden soll. Als Grundbedingung für eine effektiv erreichte Platinschmelzhitze gilt demnach: 1. daß man sich bei der Auswahl des Platins von dessen Reinheit überzeugt und 2. daß man alle Schutzmittel anwendet, um dasselbe auch vor jeglicher Beimischung zu bewahren. Von der reinen Beschaffenheit des Platins muß man sich durch die qualitative Prüfung überzeugen. Das zu feinem Draht ausgezogene Platin erweist sich dabei gewöhnlich als rein und reiner als das Tiegelplatin.

Verschiedene Sorten Platin lassen einen wenn auch nicht bedeutenden Unterschied in der Schmelzbarkeit beobachten. So fand der Verfasser, daß das Platin von Heräeus in Hanau etwas leichter schmolz wie das englische von Johnson, Matthey & Co. in London. Ersteres färbte beim Schmelzen auf einer Tonerdeunterlage diese etwas bräunlich, während bei letzterem die Tonerde rein weiß blieb. Im Allgemeinen fällt so der als konstatierte Platinschmelzhitze bezeichnete Hitzegrad mit der unter Ausbauchen sich einstellenden Erweichung der besten Schiefertontiegelmasse [1]) oder dem Zusammenschmelzen des Tiegel im offenen Feuer zusammen. Der in Minuten ausgedrückten Zeit nach muß zum Schmelzen des Platins bei dichter und guter Beschaffenheit des von mir verbesserten Devilleschen Ofens das Glühen über 30 und in der Regel bis 33 Minuten andauern, wogegen, wie angeführt, das Schmelzen auf einer graphithaltigen Unterlage bei einer nur 4 Minuten dauernden, also verhältnismäßig überaus geringen Temperatur stattfindet. Das Eintreten der erwiesenen Platinschmelzhitze verlangt stets eine außerordentliche Anstrengung bei den ausgeführten Glühversuchen und gibt zugleich einen schätzenswerten Prüfstein ab für die bestmögliche Leistung des Ofens und verläßliche Beschaffenheit alles dessen, was dazu gehört und gebraucht wird.

Noch möge hier angeführt werden, daß die Platinschmelzhitze sich auch durch andere Mittel kontrollieren läßt; so durch Mischungen von reiner Tonerde mit Feldspat oder selbst durch besten geschlämmten Zettlitzer Kaolin. Ist eine Probe desselben abgeschmolzen, so ist die Platinschmelzhitze erreicht und selbst ein Darüberhinausgehen. Was den Wert der regelrecht festgestellten Platinschmelzhitze angeht, so bildet dieselbe immer ein nicht zu unterschätzendes Maximalerkennungszeichen für einen bestimmten überaus hohen Hitzegrad, den überhaupt zu erzielen man vor noch nicht langer Zeit in einer gewöhnlichen Feuerung und ohne künstliche Mittel für eine unlösbare Aufgabe hielt. Jetzt ist man allerdings weiter gekommen und strebt fort und fort seit Einführung der Magnesia und des Chromits, wie anderseits der elektrischen Öfen nach immer höheren Zielen hinsichtlich der zu erreichenden Temperatur und anzuwendenden Prüfungsmittel.

Die pyrometrische Prüfung, welche verschiedene Methoden befolgt, kann sein eine direkte oder indirekte, oder anderseits eine absolute und eine relative, wie besonders eine auf gewisse aufgestellte Normen sich beziehende. Zur ersteren Prüfungsweise gehören die schon länger bekannte Methode mittelst des Lötrohrs und einige andere in der Praxis übliche oder sonst benutzte Verfahren.

---

1) Dabei ist zu bemerken, daß beim Stoßen des gebrannten Schiefertons in einem eisernen Mörser das Pulver stets mit einem Magnetstab so lange zu rühren ist, bis mit dessen Hilfe alle Eisenteilchen entfernt sind.



1. Direkte Prüfungsweise.

Pyrometrischer Versuch, und zwar mittelst des Lötrohrs. — Die Prüfung vor dem Lötrohr ist als eine pyrometrische, wenn auch in beschränkter Weise, zu bezeichnen.

Man verfährt dabei am zweckmäßigsten wie folgt. Eine Durrchschnittsprobe des zu untersuchenden Tones zerreibt und zerteilt man zu einem dünnen Brei in Wasser, welcher auf einen vorher gefetteten Streifen Papier gestrichen und hierauf getrocknet wird. Der tonige Überzug löst sich dabei in Schuppen ab, die das geeignetste Material zu den Lötrohrprüfungen abgeben. Nimmt man alsdann einen Platindraht, der an seinem Ende mit einem Überzug eines als feuerfest bekannten Tones versehen ist, so läßt sich durch eine leise Anfeuchtung eine solche Schuppe leicht anhängen. Wird nun zuerst der Draht erhitzt und nach und nach der Ton in die Lötrohrflamme gebracht, so richtet man dieselbe zuletzt auf die zu prüfende Masse.

Bei leichter schmelzbaren Tonen erhält man auf diese Weise in 2 bis 3 Minuten ein aufgeblähtes, schlackenartiges Kügelchen; ist der Ton ein feuerfester, so widersteht er und bei schwerschmelzbaren Tonen wird bald ein Punkt erreicht, wo eine deutliche, charakteristische Veränderung nicht mehr eintritt. Schon die niedrigsten hochfeuerfesten Tone lassen so eine Schmelzung vor dem Lötrohr nicht deutlich genug erkennen, noch weniger die höherstehenden, welche sich jedweder bemerkenswerten Einwirkung in der Lötrohrflamme entziehen. Dazu kommt, daß man für diese Prüfung nur eine sehr kleine Menge in sehr dünner Form anwenden kann. Die Lötrohrprobe ist daher für geringe feuerfeste Tone anwendbar, für bessere aber, geschweige die besten reicht sie nicht aus.

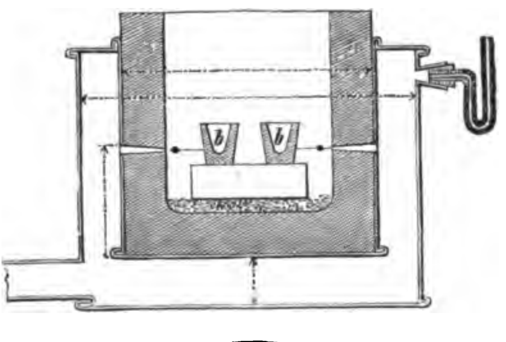
Von nicht wesentlich größerer Wirkung erwies sich hinsichtlich der Erhitzung angezündetes reines Wasserstoffgas, das unter dem Drucke einer Wassersäule von 30 cm ausströmte. Ganz anders und im Gegenteil zu wirksam, ist das Knallgasgebläse (entzündetes Wasserstoff- und Sauerstoffgemenge), worin bekanntlich, Kohle ausgenommen, alle Mineralien, die wir kennen, schmelzen. Mit Hilfe desselben läßt sich bei der fast momentanen Verflüssigung aus der längeren oder kürzeren Widerstandsdauer kaum ein Schluß ziehen, doch vermögen die Bildungsweise und Beschaffenheit des Flusses gewisse Merkmale abzugeben, ob Email, Glas oder Schlacke entstanden, ob das Email gleichartig und dicht, ob das Glas klar, trübe oder farbig, ob die Schlacke flüssig oder blasig, aufgetrieben usw. ist.

Empirische oder praktische Probe der Feuerfestigkeit. — Eine empirische oder praktische Probe, die nicht gleichzeitig pyrometrisch wäre, gibt es, wie angedeutet, für die feuerfesten Tone nicht und gebührt dieser deshalb wie gesagt, überhaupt die erste Entscheidung. Eine solche in Fabriken feuerfester Produkte gebräuchliche empirische pyrometrische Probe ist folgende.

Man nimmt ein Stück des trocknen Tones, brennt davon die Hälfte, zerstößt jeden Teil besonders und vermischt beide innig, feuchtet das Gemenge an und formt daraus beliebige kleine Steine, die man alsdann einem heftigen Schmiedefeuer sowohl offen als in einem geschlossenen Gefäße längere Zeit aussetzt. Je nachdem diese Probesteine — oder bei feuerfesten Fabrikaten kleine am besten scharfkantige Stücke derselben — aus dem Ofen genommen, die Form mehr oder weniger behalten, und beim Zerschlagen einen reinen Bruch, ohne Glanz, ohne Verglasung, ohne Email oder gar sonstige deutliche

Zeichen von Schmelzung aufweisen, um so feuerfester ist der Ton. Selbstredend hängt bei dieser Versuchsweise das Resultat ab von dem im Schmiedefeuer erreichten Hitzegrad und fallen demgemäß die bezeichneten Schmelzerscheinungen, wie die Beurteilung der Feuerfestigkeit des Tones in bekannter Weise verschieden aus.

Für die große Praxis hat man nach älterem Verfahren, welches für hoch gesteigerte Anforderungen der neueren feuerfesten Industrie keinesfalls mehr ausreicht, als im allgemeinen maßgebend das Porzellanfeuer in seinem stärksten und mehrmals wiederholtem Vollbrande angenommen. Bei der desfallsigen Prüfung wird das trockene Pulver in einem Tiegel dem heftigsten Glutfeuer des Porzellanofens ausgesetzt. War der so durchglühte Ton nach Abkühlung noch zwischen den Fingern zerreiblich, so galt er als unbedingt oder entschieden feuerfest; hatte er sich zu einem kompakten nicht mehr zwischen den Fingern zerreiblichen Körper zusammengezogen, war aber der Bruch im ganzen noch erdig, so galt er als ein feuerfester Ton in zweiter Linie. War er soweit geschmolzen, daß das Tonpulver zu einer Schlacke zusammengeflossen war, so bezeichnete man ihn als unbrauchbar für feuerfeste Zwecke.



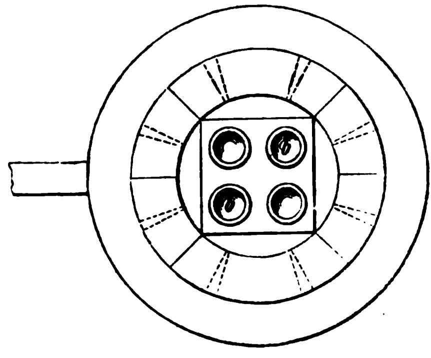


Fig. 9.

Direkte pyrometrische Prüfungsweise von Otto. Otto[1]) fertigt für zwei zu prüfende Tone je zwei geformte oder zurechtgehauene Steine von denselben Dimensionen an und setzt die so erhaltenen 4 Probesteine in einem Sefström'schen Ofen, dessen Beschreibung hier folgen möge, einer hohen Temperatur aus.

Der zu den Versuchen dienende Ofen (Fig. 9) hat im Lichten 30 cm Weite, 45 cm Höhe, ist mit acht schmiedeeisernen Düsen von je 7 mm Durchmesser versehen, welche sich in einer Höhe von 10 cm über den Boden befinden und steht mit einem Gebläse in Verbindung, welches im stande ist, dem Ofen Luftzufuhr mit einer Pressung von 15 mm Quecksilbersäule zu liefern. Die Luft wird in den als Regulator dienenden Mantel des Ofens so eingeleitet, daß die Pressung in allen offen gehaltenen Düsen eine gleiche ist. Die Probesteine sind aus gleichen

1) Dingler's Journal 163, S. 193. Ferner Tonindustrie-Ztg. 1888, Nr. 14.

Teilen gebranntem und ungebranntem Ton angefertigt, und werden vor dem Versuch gebrannt.

Der Größe des Ofens entsprechen am besten die Dimensionen 12, 7 und 4,5 cm. weil man dann je zwei Steine von zwei einander zu vergleichenden Tonen auf eine Unterlage von etwa 7 cm Höhe aus sehr gutem feuerfesten Material stellen kann, ohne daß der Raum zwischen Düsen und Probesteinen für das Verbrennen der Koks zu sehr beengt wird.

Vor dem Beginn des Versuchs stellt man die Probesteine der beiden zu vergleichenden Tone in der Weise, wie nebenstehende Figur 10 andeutet, einander kreuzweise gegenüber.

Das Anheizen des Ofens geschieht mit Holzkohlen; später feuert man mit Koks von etwa Wallnußgröße.

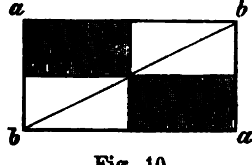


Fig. 10.

„Jede ‚Probe‘ (oder Prüfung) — sagt Otto — wird so lange fortgesetzt, bis einer der Tone stark abgeschmolzen ist. Die beiden Steine jedoch, welche aus demselben Ton hergestellt sind, müssen vollständig gleich von der Hitze angegriffen sein; sobald einer mehr gelitten als der andere aus demselben Material, so haben sich während des Blasens Düsen verstopft, die Temperatur war nicht gleichmäßig und der Versuch ist zu verwerfen.“

Diese sehr einfache und verhältnißmäßig rasche empirische Probe hat für sich, daß sie sich unmittelbar auf die wirklichen praktischen Verhältnisse wobei namentlich die Versuchsobjekte dem offenen Feuer, also der Ofenschlacke ausgesetzt werden, stützt, doch eignet sie sich wenig zur Erlangung einer allgemeinen pyrometrischen Übersichtlichkeit. Abgesehen davon, daß sie nur stets zwei Tonmischungen oder Tone vergleichend ins Auge faßt, und vorausgesetzt immer völlig gleichmäßige Verhältnisse in der ganzen Prüfungssphäre, ohne lokale Zugstörung, ist sie von der aus dem jeweiligen Brennmaterial herrührenden Verschlackung und stellenweiser Düsenverstopfung abhängig, die ein objektives Urteil, unbeeinflußt von dem jeweiligen Beobachter, beeinträchtigen.

Größere pyrometrische Unterschiede treten dabei wohl leicht hervor, kleinere aber verschwinden und es ist alsdann die Entscheidung oft schwierig, mitunter recht unsicher.

Das Abschmelzen der Tonfabrikate ist selten so scharf begrenzt oder so vollständig, daß nicht Zweifel entstehen, welche Probe die mehr geschmolzene sei. Unbestimmte Übergänge, verschiedenartige Erscheinungen, je nachdem man das eine oder das andere Merkmal in den Vordergrund stellt, können dadurch dem zu untersuchenden Material einen beliebig höheren oder tieferen Platz zuweisen.

Noch ist hier anzuführen, als eine gewissermaßen direkte pyrometrische Prüfungsweise, die der feuerfesten Steine auf ihr physikalisches Verhalten bei Temperaturwechsel. Bringt man dieselben kalt in einen stark glühenden Ofen und setzt sie, glühend herausgenommen, der Zug- und Gebläseluft aus, so dürfen sie nicht rissig werden. Tritt dies auch nicht ein, wenn ein weißglühendes Probestück in kaltes Wasser getaucht wird, so kann hinsichtlich des Verhaltens gegen Temperaturwechsel mehr gewiß nicht verlangt werden.

Bestimmungsweise mittels niederschmelzender Tonproben in Kegelform. — Will man die verschiedene Schmelzbarkeit zweier oder

mehrerer Tone für jeden, auch nicht Sachverständigen augenfällig zur Anschauung bringen, so ist als geeignete Methode zu bezeichnen, aus den Tonen unter sich genau gleiche Kegel zu formen und diese so stark zu glühen, bis eine bestimmte Formänderung eintritt, wodurch eine besonders dem Laien imponierende Gewißheit über das stärkere oder schwächere Schmelzen des Tones erlangt wird. Ist zum Beispiel bei drei auf derselben Scheibe geglühten Proben der eine Tonkegel niedergeschmolzen, ein zweiter niedergehend, doch die Kegelform noch erkennbar und steht ein dritter noch völlig aufrecht, so drängt sich gewissermaßen von selbst dem Beobachter der Abstand in der pyrometrischen Stellung der drei Tone auf und bleibt darüber kein Zweifel übrig. Es gehört zu einem solchen Zutreffen wie angegeben allerdings ein mehrmals zu wiederholender Glühversuch, wenn die Glüherscheinungen in der bezeichneten Weise völlig deutlich und unstreitig hervortreten sollen.

Zur objektiven oder einwandfreien Beurteilung ist dabei die Angabe erforderlich, unter wie viel vorgenommenen Glühungen sich die angegebenen Erscheinungen unverkennbar einstellen. Die etwa abweichenden und anders deutbaren Glüherscheinungen müssen dabei ausdrücklich mit angegeben werden; da nämlich die Schmelzmerkmale in ihrer größern oder geringern Augenfälligkeit wechseln, so läßt sich je nachdem einzelne Glühungen für sich herausgegriffen und etwa weniger stimmende übergangen werden, das sich ergebende Resultat oder Urteil verschieben.

Eine durchaus absolute Entscheidung ist demgemäß nicht zu erlangen, und müssen statt dessen die am häufigsten zutreffenden Daten als relativ maßgebend gelten und als eine gewisse Regel angesehen werden. Die größere Anzahl der Treffer muß also hier entscheiden. Die beschriebene Methode dürfte als Beispiel dienen, wie bei der Ermittelung der Stellung feuerfester Tone untereinander die ganz entschiedene Feststellung nicht selten mehr oder weniger Schwierigkeit bietet, wobei nur wiederholte Bestimmungen durch mehrfaches Zutreffen eine sichere Gewißheit bringen können.

Direkte Prüfungsweise von Cramer. — Der bekannte Forscher auf den keramischem Gebiete, E. Cramer, hat neuerdings (Tonindustrie-Ztg. 1901 Nr. 48) auf Grund einer Prüfung von 25 Tonproben und einigen zu Schamotte gebrannten Proben versucht, den Begriff feuerfest in anderer Weise wie bisher näher und bestimmter festzulegen. Als Aufgabe wurde dabei gesetzt die Erweichungsweise verschiedener feuerfester Tone zu beobachten mit Hilfe von daraus geformten Stäben, welche möglichst annähernd von gleicher Form und Beschaffenheit hergestellt waren. Die Probestäbe wurden deshalb mit einer Kolbenstrangpresse geformt. Als Unterlage für die freiliegenden Stäbe diente eine Schamotteplatte, die an zwei gegenüberliegenden Kanten Prismen trug, deren obere Kanten eine Entfernung von 230 mm hatten. Die Schamotteplatten hielten sich bei den Versuchen sehr gut, ohne Verkrümmungen und kamen sie nach gutem Trocknen auf die Probestäbe, welche dann dem Porzellanfeuer ausgesetzt wurden. Die Stäbe wurden erst verschiedene Male auf einer ebenen Grundlage gebrannt und dann auf die Prismenunterlage gelegt. Die Durchbiegung, welche die Stäbe nach dem verschiedenmaligen Brennen zeigten, wurde dann gemessen. Als Maß für das Erweichen galt die Sehnenhöhe des Bogens, welcher sich gebildet hatte. Die Probestäbe erweichten zum teil so weit, daß sie sich flach auf die Unterlagsplatte legten. Ferner wurde bestimmt, bei welchem Segerkegel die Tone schmelzen und wie sie sich hinsichtlich der Schwindung beim Brennen verhielten, was wir hier übergehen.

Einige Proben erhielten einen möglichst geringen Stärkezusatz, um der Masse den erforderlichen Zusammenhang zu geben. Ferner wurde die Sinterungstemperatur bestimmt. Als Resultat ergab sich aus zwei großen und vielumfassenden Tabellen (m. s. Tonindustrie Ztg. 1901 S. 707 und 708):

1. Die meisten geprüften Tone, besonders die sehr plastischen und die Schiefertone ergeben eine große Durchbiegung, geringer war dieselbe namentlich bei verschiedenen Kaolinen. 2. Bedeutende Unterschiede zeigten die Probestäbe unter sich, nachdem sie einen Scharfbrand durchgemacht hatten. 3. Das Weichwerden war bei vielen Tonen ein geringes, während andere keine Unterschiede aufwiesen. Weiter erschienen die Tone, je öfter sie erhitzt worden, um so widerstandsfähiger Noch wurden der größeren Vollständigkeit halber, wie oben bemerkt, einige Schamotte- und Sandmischungen in derselben Weise geprüft und gleiche Teile Schamotte und Sand (in Form von Mehl und feinen Körnern) mit einander gemischt. Die Versuche zeigten dann, daß durch Schamottezusatz die Zähigkeit der Masse nicht zunimmt; dagegen kann ein Zusatz von Sand die Standhaftigkeit günstig beeinflussen. Besonders günstig wirken in Übereinstimmung mit der Praxis gebrannter hochfeuerfester Steinkohlenschieferton. Weitere eingehende Schlußfolgerung hat Cramer zunächst nicht gezogen, dagegen betont, daß die Fehler bei den Durchbiegungsversuchen, welche durch die Temperaturdifferenzen entstehen, tunlichst auszuschließen seien.

So beachtenswert die vielen vorliegenden in eingehendster Weise angestellten Versuche sind, woraus sich in pyrometrischer Beziehung manches lernen läßt, so steht denselben doch die bestimmte Erfahrung gegenüber, daß das Erweichen eines Tones sich nicht als Vorstufe des Schmelzens desselben auffassen läßt. Gib es doch Tone, welche bei 1000° erweichen und doch erst in der Schmelztemperatur des besten Grünstädter oder des 30 proz. Normaltons zu schmelzen anfangen. Anderseits dagegen begegnen wir Tonen, welche im Gegenteil spät erweichen, d. h. sich längerhin unverändert erhalten, dann aber alsbald formlos zusammenschmelzen. Das Erweichen läßt sich somit nicht als ein maßgebender Anfangspunkt des Niederschmelzens hinstellen und kann daher überhaupt kein Merkmal für ein früheres oder späteres Eintreten des Schmelzens eines Tones abgeben. Aus dem früheren oder späteren Erweichen eines Tones vermag man keinen Schluß auf dessen Schmelzbarkeit zu ziehen und findet in dieser Beziehung kein paralleles Verhalten statt, da das Erweichen und Schmelzen eines Tones auf einer Wirksamkeit der Tonbestandteile untereinander beruht, die sich in verschiedener Weise, bald früher und bald später, äußert.

2. Indirekte pyrometrische Prüfungsweise.

Selbst wenn man auch über recht hohe Hitzegrade verfügt, so ist damit allein behufs übersichtlicher Beurteilung der Tone nicht auszukommen. Es lassen sich nämlich wie schon angedeutet, die Veränderungen, welche die Tone in höheren Temperaturen erleiden, nicht einzig auf ein einfaches, stetig in höherem oder geringerem Grade zu oder abnehmendes Kennzeichen beschränken. Die feuerfesten Tone überziehen sich unter der Einwirkung der gesteigerten Temperatur mehr oder weniger mit einer ungleichartigen Haut, die im allgemeinen emaille- oder glasartig sein kann. Andere Tone blähen sich infolge der Entstehung größerer und kleinerer Hohlräume stärker oder schwächer auf. Wieder andere zerfließen bald langsam, bald mehr oder weniger rasch und voll-

ständig zu Email und undurchsichtiger Schlacke oder durchsichtigem, auch trübem und meist gefärbtem Glase.

So geben verschiedene Tone auch verschiedene Glühveränderungen, die sich untereinander nicht vergleichen lassen. Kurzum, die Kennzeichen namentlich der fortgeschrittenen Schmelzung sind stark wechselnde.

Will man daher das pyrometrische Verhältnis, in dem auch selbst gänzlich heterogene Tone zueinander stehen, systematisch feststellen und das folgerichtig erhaltene Resultat durch Zahlen, also vergleichbar mit andern ausdrücken, so ist das nur auf indirektem Wege oder auf Umwegen zu erzielen. Es müssen Zusätze zur Vermittelung oder zur Erlangung bestimmter, einheitlicher, unter sich maßgebender Anhaltpunkte gewählt werden. Es handelt sich dabei um die Bildung gleichartiger und von Nebenumständen möglichst unabhängiger Proben. J. L. Newell und G. A. Rockwell haben eine große Anzahl von Versuchen angestellt, um die Brauchbarkeit der indirekten Methode darzutun. Tonind. Ztg. 1899 Nr. 16.

Für unanfechtbare Schlüsse verlangt die Methode, daß sich die Tonbeimengungen in feinpulveriger Form befinden, wodurch also, wenn dieselben von gröberer Beschaffenheit, der natürliche Ton eine wesentliche Veränderung erleidet. Es wird alsdann nicht berücksichtigt die wirkliche praktische Anforderung, doch läßt sich im negativen Falle immerhin ein verhältnismäßig beachtenswerter Anhalt bei vergleichenden Bestimmungen erlangen.

Solcher indirekten und zugleich systematischen, wenn auch teilweise beschränkten Verfahrungsweisen sind durch ihre Anwendung auf eine größere Anzahl von Tonen drei bekannt, die nach den dabei verwendeten Mitteln sich bezeichnen lassen als die Quarzmethode, die Tonerdemethode und die aus einem Gemenge von beiden, von Kieselsäure und Tonerde, sowie die vergleichende mit Normaltonen, welche letztere als eine umfassende und auf die Praxis sich stützende bezeichnet werden darf.

a) **Quarzmethode.** — Reines Quarzpulver eignet sich zu einer vergleichenden Bestimmung der Schwerschmelzbarkeit wie des Bindevermögens eines Tones. Doch ist diese älteste zuerst von dem Verfasser versuchte Methode nicht fehlerfrei und soll hier nur das Wesentliche besprochen werden. Der chemisch reine Quarz dient hierbei als Titriermittel. Versetzt man damit zu prüfende verschiedene Tone, und unterwirft das Gemenge einem bestimmten Hitzegrade, so sind, um ein gleich strengflüssiges Produkt zu erhalten, verschiedene Mengen Quarz zu nehmen; je schwerer schmelzbar ein Ton ist, um so weniger, je leichtflüssiger ein Ton ist, um so mehr Quarz braucht man dazu. Die Prüfungshitze ist dabei, was in den Vordergrund gestellt werden muß, innerhalb ganz gewisser Grenzen zu normieren. Sie darf nicht zu gering sein, auf daß sich überhaupt bestimmte Merkmale genügend augenfällig zu erkennen geben und sie darf, wegen der Gefahr des Mißlingens des Versuchs nicht zu hoch, etwa bis zur völligen Flußbildung der Proben gesteigert werden.

Für die feuerfesten Tone von geringerer oder mittelmäßiger Qualität, bei denen mit dem Kieselsäurezusatz die Empfindlichkeit besonders zunimmt, ist dieser erforderliche Hitzegrad nicht schwierig zu treffen; dagegen für die strengflüssigsten und namentlich für die sehr kieselreichen und gleichzeitig vorzüglich reinen ist dies weit subtiler. Hier ist es unerläßlich, die Prüfungshitze bis nahe zu dem Punkte zu steigern, wo bei fortgesetzter Steigerung der Temperatur die Probe sich verflüssigen würde. Eine Überschreitung findet aber innerhalb dieser alsdann engsten Grenze allzu unversehens statt, und doch darf

man sich mit einem auch nur wenig geringeren Hitzegrad nicht begnügen, da sonst Täuschung und eine verhältnismäßig zu günstige Beurteilung die Folge ist.

Auch gibt es für die Quarzmethode einen Fall, in welchem sich der zu untersuchende Ton pyrometrisch unverhältnismäßig besser zeigt. Ist ein feuerfester Ton hauptsächlich nur durch Eisen verunreinigt und enthält der Ton wenig Magnesia, Kalk nebst Alkalien, so wirkt der Zusatz von reinem Quarz unverhältnismäßig erhöhend auf die Schwerschmelzbarkeit.

Ein solcher eisenhaltiger feuerfester Ton z. B., welcher für sich in der Prüfungshitze ziemlich leicht, gleich einem andern sonst unreinen Tone zusammenschmilzt, erscheint, wenn beide gleichmäßig mit 1 oder 2 Teilen Quarzpulver versetzt werden, um mehrere Grade strengflüssiger, als der letztere.

Einer solchen möglichen Täuschung, wie der bezeichneten Subtilität entgeht man, wenn man statt des Quarzes allein, ein Gemenge aus Quarz respektive aus Kieselsäure und Tonerde als Prüfungsmittel anwendet.

b) Methode mittelst eines Gemenges aus Kieselsäure und Tonerde als Normalzusatz. — Diese Methode, welcher sich der Verfasser nach Ermittelung der erwähnten Mängel bediente, soll nachstehend näher in ihren Einzelheiten beschrieben werden.

Die vereinigte Anwendung beider Substanzen, der Kieselsäure und Tonerde, gestattet eine verhältnismäßig unbeschränkte Steigerung der Prüfungstemperatur, ja zur maßgebenden Bestimmung ist ein wesentlich höherer, bis zur erreichten Silikatbildung gehender Hitzegrad hier Bedingung.

Noch einen anderen bedeutenden Gewinn aber bietet diese Methode. Bei gleichbleibenden Fehlerquellen und sonstiger gleicher Genauigkeit ist stets unter mehreren Reagentien bekanntlich dasjenige vorzuziehen, welches von hohem Gewichte oder von dem man verhältnismäßig viel für dieselbe Wirkung gebraucht. Ein solches beträchtlich massenhafter anwendbares Titriermittel bildet ein Gemenge aus Tonerde und Kieselsäure, wodurch nicht blos der Einfluß der Fehlerquellen ansehnlich vermindert, sondern auch gewissermaßen der Maßstab größer oder die Ablesungsskala länger wird und deren Grade der Zahl nach, wie an Augenfälligkeit, gewinnen.

Man kann dabei die auf nassem Wege bereitete chemisch reine Kieselsäure anwenden, wie sie leicht in größern Massen erhalten wird, wenn man klare Wasserglaslösung mit Salzsäure fällt und den Niederschlag bis zur zwanzigfachen Verdünnung der ursprünglichen Lösung mit Wasser auswäscht. Die chemisch reine Tonerde wird entweder aus höchst eisenfreiem Ammoniakalaun durch wiederholtes Fällen mit Ammoniak und völliges Auswaschen, zuletzt mit kochendem Wasser dargestellt, oder aus besonders und vollständig gereinigter Kryolithtonerde [1]). Die auf dem Filter gesammelte und auf ihre Reinheit geprüfte Kieselsäure, welche, mit Flußsäure behandelt, nicht den mindesten Rückstand geben darf, wie auch die Tonerde, die auf etwaige Beimengungen von

1) Die aus Kryolith gewonnene und vorher auf Freiheit von Eisen (was nicht immer der Fall ist) geprüfte pulverförmige Tonerde, wie sie im Handel vorkommt, wird in einer Achatschale zerdrückt, alsdann durch ein feines Drahtsieb von einzelnen mechanischen Beimengungen getrennt, hierauf über der Lampe stark geglüht, dann mit destilliertem Wasser übergossen und so lange Salzsäure vorsichtig zugesetzt, bis kein Aufbrausen (von kohlensaurem Natron herrührend) mehr stattfindet und eben eine saure Reaktion sich zeigt. Zuletzt wird sie ebenso vollständig ausgewaschen, getrocknet und stark geglüht. Dieselbe ist zwar sehr hygroskopisch, verbindet sich aber chemisch nicht mehr oder unbedeutend mit Wasser.



Schwefelsäure, Kieselsäure, Eisen, Alkalien spezell zu prüfen ist — werden hierauf unter ganz allmählicher Steigerung der Hitze in nur halb gefüllten und gut geschlossenen Tiegeln in einem Windofen wenigstens je eine Stunde lang recht stark geglüht bis zur völligen Verjagung des Hydratwassers. Nach dem Erkalten wird sofort von jedem Gemengteil eine bestimmte Menge abgewogen.

Behufs höchst inniger Mischung werden die beiden durch das bezeichnete Glühen lose verdichteten Prüfungskörper in der Achatschale zerdrückt und durcheinander gerieben, hierauf in kleinen Portionen mit Wasser angemacht und als steifer Brei anhaltend mit dem Platinspatel durchknetet, bis sich daraus kleine Kuchen formen lassen. Diese Kuchen werden getrocknet, dann zerrieben, und das erhaltene Pulver über der Lampe geglüht, worauf die fertige Prüfungsmasse in einer mit einem Gummistopfen verschließbaren Flasche aufbewahrt wird.

Was das Verhältnis zwischen Kieselsäure und Tonerde angeht, so empfiehlt sich aus den weiter folgenden Gründen das von 1 Gewichtsteil Kieselsäure auf 1 Gewichtsteil Tonerde.

c) **Gemenge mit vorherrschender Kieselsäure.** — Will man bei der Anwendung beider Mittel die Kieselsäure vorwiegen lassen, so tritt beziehungsweise derselbe beschränkende Umstand, der für die Benutzung der Kieselsäure allein gilt, auch mit dem Vorherrschen derselben als Gemengteil immerhin, wenn auch weniger hervor. — Die Prüfungstemperatur kann verhältnismäßig weniger hoch gesteigert werden, da um so eher ein flüssiger Zustand der Proben eintritt, als die Kieselsäure vorwiegt. Der Spielraum zwischen dem erforderlichen Hitzegrad und dem Moment, in welchem die Proben zu sehr zusammenschmelzen und damit die unterscheidenden Merkmale verwischt werden, wird also dadurch verengt. Andererseits wird aber die Beobachtungsskala um so mehr ausgedehnt, d. h. der Abstand zwischen den besten und geringsten feuerfesten Tonen gewinnt um so mehr an Meßbarkeit. Andererseits ist die Prüfungstemperatur alsdann begrenzter und findet eine Überschreitung des erforderlichen Hitzegrades um so plötzlicher statt. Ein solches an Kieselsäure reiches Gemenge vermag ein beachtenswertes Mittel abzugeben, um für zwei in betreff der Schmelzbarkeit recht nahe stehende Tone noch Unterschiede in der Schwerschmelzbarkeit augenfällig nachzuweisen.

d) **Gemenge mit vorherrschender Tonerde.** — Wählt man ein Gemenge, in welchem die Tonerde vorherrscht, so wird umgekehrt die Entscheidungstemperatur höher und kann, unbeschadet eines Mißlingens des Versuchs, weiter gesteigert werden. Die Skala verengt sich dabei und zwar mit der größeren Tonerdezunahme so sehr, daß geringe pyrometrische Differenzen nicht mehr zu messen sind und daher für nicht sehr merklich verschiedene Tone gewissermaßen kein Platz übrig bleibt, sie noch deutlich einzuordnen.

Das mehr basische Gemenge ist da am Platze, wo es sich um Entscheidung in den allerheftigsten Hitzegraden handelt.

e) **Tonerdemethode.** — Der Tonerdemethode bediente sich Richters in seiner bereits oben zitierten Abhandlung über die Feuerbeständigkeit der Tone.

Ein Ton läßt sich in der Regel [1]) durch Zusatz einer gewissen Menge reiner Tonerde für einen selbst hohen Hitzegrad unschmelzbar machen, so daß also die verbrauchte Menge Tonerde in dieser Hinsicht ein bestimmtes Maß abgibt.

---

1) Man vergleiche oben den Einfluß kleiner Mengen Tonerde.

Der leichtflüssigere Ton erfordert davon mehr, der strengflüssigere weniger, um denselben Grad der Schwerschmelzbarkeit zu erreichen. Von diesem Gesichtspunkte aus hat daher die Tonerdemethode etwas recht empfehlenswertes. Wie leicht nachzuweisen und auch aus den Ermittelungen Richters hervorgeht macht $^1/_{10}$ Tonerde also 10 Proz. von der Menge des zu prüfenden Tones mehr oder weniger einen wesentlichen Unterschied, welcher groß genug ist, um die Tone hiernach einzuordnen, wobei zur sicheren Fixierung allerdings eine recht subtile Innehaltung der stets gleichen sehr hohen Prüfungshitze vorausgesetzt werden muß. Es geht daraus die große Wirksamkeit der Tonerde hervor — eine kleine Menge übt schon einen bedeutenden Einfluß aus. Die Meßskala aber, wie schon oben berührt, verengt sich damit, wodurch die einzelnen Grade an Deutlichkeit verlieren und noch mehr von den unvermeidlichen Fehlerquellen abhängen.

Kehren wir zu dem oben genannten Normalzusatz zurück mit der Frage, wann derselbe für sich und mit Ton versetzt, schmilzt.

Das bezeichnete chemisch reine Gemenge aus gleichen Gewichtsteilen Kieselsäure und Tonerde verträgt einen nahe bis zur Schmelzhitze des Platins gesteigerten Hitzegrad, ohne zu schmelzen, und kommt die Schwerschmelzbarkeit der des obersten Normaltons sehr nahe gleich. In völliger Schweißhitze des Schmiedeeisens ist die Bruchfläche einer daraus gebildeten Probe noch erdig, lose und stark saugend. Versetzt man irgend einen Ton, ausgenommen den obersten Normalton, mit dem Normalgemenge, so ist die Mischung leichter schmelzbar und um so mehr, je tiefer die Stellung des feuerfesten Tones ist. Mit anderen Worten, wie bei dem tonerdereichen Zusatz erörtert wurde, je leichtflüssiger der zu prüfende Ton ist, um so mehr wird von dem Normalgemenge gebraucht, um einen angenommenen Normalgrad der Schwerschmelzbarkeit, stets selbstredend für dieselbe Prüfungshitze, zu erreichen.

Darstellung der Proben. — Eine kleine, einer sorgfältig dargestellten Durchschnittsprobe entnommene Menge von höchstens 1 g des zu prüfenden Tones wird im Achatmörser mehr zerdrückt, als zerrieben, wenigstens 10 Minuten über der Lampe geglüht, dann im Chlorkalziumglase abgekühlt, wonach mehrere Portionen von je 0,1 g abgewogen werden. Zu einer jeden solchen Portion fügt man dann den gleichfalls völlig trocken abgewogenen Normalzusatz in ein- bis zehnfachem Gewichtsverhältnisse.

Zum Zwecke der innigsten, vollkommensten Mischung eines jeden neuen Gemenges wird genau so, wie oben bei Darstellung des Normalzusatzes angegeben wurde, verfahren. Die Gemengteile werden in der Achatschale durcheinander gemengt und alsdann mit Wasser zu einem dünnen Brei angemacht, welchen man mit dem Platinspatel andauernd um- und durchknetet, bis die Masse hinreichend angetrocknet ist, um Proben, resp. kleine Zylinderchen oder andere geometrische Figuren daraus formen zu können. Diese werden mit Nummern bezeichnet und zwar auf den Kreisflächen mit der des bezüglichen Tones und auf der Seite mit der dem jedesmaligen Normalzusatze entsprechenden. Nachdem alsdann die Proben gut und scharf ausgetrocknet sind, um ein späteres Springen oder Bersten zu verhüten, werden sie schließlich der Prüfungshitze unterworfen,

Glühen der Proben. — Das Glühen der Versuchszylinderchen, welche 6 mm hoch und 4 mm breit sind (Durchmesser der Kreisfläche) geschieht am geeignetsten in dem nachfolgend vom Verfasser zuerst angewendeten aber immer mehr dem bestimmten Zwecke angepaßten Devilleschen Ofen, wobei auf

eine größtmögliche Gleichmäßigkeit der vorzunehmenden einzelnen Operationen zu achten ist, so hinsichtlich der Luftzuführung, des Brennmaterials, des Glühtiegels und dessen Stellung wie dessen äußeren und inneren Dimensionsverhältnissen. Was die Aufstellung der Proben angeht, so müssen dieselben so weit voneinander stehen, daß sie sich beim Zusammenschmelzen nicht berühren und unter sich mischen.

Mit Hilfe der unten beschriebenen Pyroskope läßt sich so aus deren Veränderung nach dem Glühen, namentlich aus dem Verhalten gegeneinander, der je erreichte Hitzegrad unzweideutig erkennen. Mit den hierbei zu erlangenden maßgebenden Glüherscheinungen muß man als Vorbedingung sich durch mehrmals wiederholte Glühversuche ebenso genau als sicher vertraut gemacht haben.

Glühtiegel nebst Deckel und Scheiben. — Für den Glühtiegel, welcher bei der pyrometrischen Prüfung eine ebenso hochwichtige als entscheidende Rolle spielt, kommt es, sofern es sich nicht um äußerst hohe Hitzegrade handelt, außer der ausgesuchten besten und reinen Qualität des Materials auf die Form, Größe, Gleichmäßigkeit wie zweckdienlichste Aufstellung im Glühraum an, und ist daher der Erfüllung dieser Bedingungen die größte Aufmerksamkeit zu widmen. Um größere Glühscheiben benutzen zu können, empfiehlt es sich, dem Tiegel statt der bisherigen umgekehrten Kegelform die einer Dose von geringerer Höhe aber etwas größerem und gleichem Durchmesser zu geben, welche Form zugleich eine bessere Überwachung der gleichmäßigen Anfertigung bei größerer Wandstärke zuläßt.

Der Dosentiegel ist 3 cm hoch, 4,5 cm breit und dessen Wandung 6 bis 8 mm stark, je nachdem derselbe eine geringere oder höhere Temperatur auszuhalten hat. Die Deckel sind 5 bis 8 und bei höchster Beanspruchung 10 mm stark. Der Untersatz hat eine Höhe von 4 cm bei einer Breite von 4,5 cm. Die Glühscheiben, worauf die Proben mit bester Schmiermasse aufgeklebt werden, sind 1,5 bis 2 mm dick.

Der Ofen von Deville ist bekanntlich, wie der oben angeführte Sefströmsche, ein Gebläseofen, bei dem aber die Windzuleitung nicht seitlich, sondern von unten in möglichst ungehinderter Weise stattfindet. Derselbe besteht nur aus einem Blechzylinder, der mit einer Mischung aus Kaolin und Schieferton [1]) ausgekleidet ist. Der Rost wird vertreten durch eine vielfach durchbohrte und auf einem eisernen Kessel, der gewissermaßen als Windkessel dient, vernietete dicke Eisenplatte durch deren Löcher die Luft eintritt. In der Mitte des Ofens kommt der mit dem Untersatz versehene Tiegel zu stehen.

Der Ofen vereinigt mehrere günstig zusammentreffende Umstände, welche dessen Effekt ungewöhnlich steigern. Die kreisrunde Form gewährt den Vorteil einer kleinsten Peripherie bei größtem Flächeninhalte, also der geringsten Wärmeabgabe an die Umfassungswände. Dann ist nach Gruner und Dürre die Hitze der Windöfen durch den Kontakt des Brennstoffs und der Gefäßwände höher als die in den Gasöfen mit etwaiger Ausnahme einzelner Punkte. Zu beachten ist ferner, was dem Devilleschen Ofen zugute kommt, daß eine verhältnismäßig kleinere Flamme die Intensität der Glühung erhöht. Nach Fletcher ist bei Verbrennung ein und desselben Quantums Gas von einer kleineren Flamme ein verhältnismäßig größerer Effekt zu erzielen, als von einer großen. Jedenfalls haben wir hier in dem sehr wenig die Wärme transmittieren-

1) Auch wird anderseits ein Gemenge aus Magnesia und Kaolin empfohlen.

den, recht geschlossenen und die so genannte Blauglut auf einem engen Raum konzentrierenden Ofen ein ebenso rasches, als vollständiges Verbrennen des zugleich verwendeten dichtesten Brennmaterials (Koks) in einer möglichst kleinen Zeiteinheit. Je reiner und dichter dabei das verwendete Brennmaterial, ein um so größerer Effekt wird erzielt. Kommen noch dazu (was wie schon angedeutet, nach jahrelangem Abändern ausprobiert wurde), die geeignetsten Verhältnisse in bezug auf Wandstärke, Durchmesser des Schachtes und dessen Höhe, wie Tiegelgrösse und dessen Plazierung in der ermittelten heißesten Zone, so ist in der Tat in dem Ofen etwas außerordentliches zu erzielen. Die Verhältnisse, welche sich so ergeben, mögen noch kurz angeführt werden.

Der Ofen ist bei einer Höhe von 35 cm und einem Durchmesser von 28 cm mit einer 8 cm dicken Schamottemasse möglichst dicht ausgefüttert. Die Eisenplatte des Rostes, welche von 20—25 bleistiftdicken Löchern ringförmig und in regelmäßigem Abstande durchbrochen, ist völlig 2 cm stark und liegt 15 cm über dem Boden. Genau in der Mitte des Rostes bringt man (wie bereits angedeutet) einen etwas vertieften Kreis von 4,5 cm Durchmesser zur ausreichend unverrückbaren Aufnahme des Untersatzes an, auf welchem der Tiegel ruht. Zum Abschlusse des Ofens beim Glühen, nach oben, kann man sich einer mit Schamottemasse ausgefütterten Kappe mit rohrförmiger Öffnung bedienen, wodurch ein ungleichartiges und abkühlend wirkendes Zutreten der Luft von außen verhindert wird. Als Gebläse genügt ein doppelter Blasebalg, der nicht größer zu sein braucht, als die bei den gewöhnlichen Glasbläsertischen benutzten, der aber mittelst Beschwerung des Blasebalgs durch eine eiserne Platte einen stetig gleichmäßigen Luftstrom geben muß. Die Zuleitungsröhre hat ein Kaliber von 2,25 cm. Zur Kontrollierung des Luftdrucks wie Beherrschung des Ofenganges, bringt man ein eingeschaltetes Manometer an. Ein Oszillieren der Flüssigkeitssäule von höchstens 0,5 cm ist dabei inne zu halten. Als Brennmaterial dienen sorgsam ausgesuchte staub- und schieferfreie Koksstücke[1]) von Bohnengröße bis zu der einer Haselnuß.

In einem solchen in der bezeichneten Weise hergestellten Ofen vermag man je nach der sorgsamen Instandhaltung der ganzen Einrichtung einen in der oben bezeichneten Tonerdekapsel luftdicht eingeschlossenen Platindraht in 30—33 Minuten zu einer Kugel zusammen zu schmelzen, sowie noch früher Quarzpulver oder Quarzstückchen zu einem durchsichtigen Tropfen. Setzt man das Glühen kurze Zeit über eine halbe Stunde fort, so geht darin jeder Tontiegel, auch wenn derselbe aus der allerbesten Tonmasse besteht, zu einem zähflüssigen formlosen Klumpen zusammen.[2]) Soll für besondere Fälle die Temperatur höher gesteigert werden, so kann man sich, worauf der Verfasser schon früher hingewiesen, besonders hergerichteter tonerdereicher Tiegel mit stärkerer Wandung bedienen. Die vorgeschlagenen Magnesiatiegel sind aus mehreren Gründen nicht zu empfehlen. Die Magnesia verträgt bekanntlich im Feuer keine Berührung mit Ton, auch zerspringen die Magnesiatiegel leicht und was ihre Benutzung zu Feuerfestigkeitsprüfungen ausschließt, ist der Umstand, daß die Magnesia bei großer Erhitzung zerstäubt und alsdann die Proben angreift.

Der Ofen ist fortwährend in gutem Zustande und namentlich dicht zu

---

1) Will man ein aschefreieres, dichteres und den Hitzegrad erhöhendes Brennmaterial anwenden, so kann man Gasretortengraphit nehmen, bedarf aber bei dessen ausschließlicher Benutzung dann zur völligen Verbrennung eines größeren Druckes für das Gebläse.

2) S. d. Verf. (Töpfer- und Ziegler-Ztg. 1884, Nr. 45.)

halten. Den inneren Schlackenabfluß muß man durch Aufstreichen besten Schamottematerials als weiche aber nicht zu fette Schmiermasse stetig ersetzen; Risse und Löcher sind immer sofort auszufüllen. Geschieht dies regelmäßig, so lassen sich in dem Ofen ohne Umbau bis zu 100 Glühungen ausführen.

Der Ofen, wie der Verfasser ihn im Gebrauch hat, ist in verschiedenen Tonwerken und öffentlichen Instituten eingeführt worden und bediente man sich desselben auch in dem Laboratorium der Tonindustrie-Zeitung. In neuerer Zeit wurde er von Seger und Cramer in einigen geringfügigen Punkten abgeändert; auch von dem Verfasser ist die ursprüngliche Einrichtung des Ofens von Deville, wie schon angedeutet, nicht beibehalten worden.

Handelt es sich darum, in dem Devilleschen Ofen die Temperatur zu steigern, so kommt es, was hier nur berührt werden mag, in erster Linie auf die größtmögliche Reinheit des Brennmaterials an. Sollen ferner größere Tiegel angewendet werden, so ist das Gebläse entsprechend zu verstärken, der bez. Kappenaufsatz zu benutzen und durch ein Vorglühen nachzuhelfen, d. h. die entscheidende Glühung in dem stark vorgewärmten Ofen vorzunehmen.

Kontrolle des mittelst eines Gemenges aus Ton und reiner kieselsäurehaltiger Tonerde erreichten Hitzegrades. — Bei den gewöhnlichen nicht besonders forcierten Glühungen ist als recht empfindliche Kontrollprobe, oder wenn man will als Pyroindikator ein Gemenge aus bestbekanntem Schiefer mit mehr oder weniger kieselsäurehaltiger Tonerde zu empfehlen. Auf ein Gewichtsteil Tonerde wird je 1, $1^2/_{10}$ und $1^4/_{10}$ usw. Gewichtsteile Kieselsäure genommen. Die so erhaltenen verschieden stark sauren kieselsauren Tonerden werden mit 1 Gewichtsteil des bezeichneten Tones versetzt und aus den Gemischen Proben geformt. Der Tonzusatz gibt den Proben ein mehr tonähnliches und besser vergleichbares Aussehen, wie auch einen festern Zusammenhalt.

Die so erhaltenen drei Doppelgemenge, kurz benannt nach dem Kieselsäurezusatz, Pyroindikator 1, $1^2/_{10}$, $1^4/_{10}$ usw. kennzeichnen durch die Veränderung nach dem Glühen, namentlich im Verhältnis zueinander, den erreichten Hitzgrad auf das Bestimmteste. So ist derselbe als Schmiedeeisenschmelzhitze anzunehmen, wenn der Indikator 1 noch eine einsaugende Bruchfläche zeigt und $1^2/_{10}$ wenig (wenn ein gemachter Tintenstrich klatschend ist), sowie $1^4/_{10}$ nicht mehr einsaugend ist. Bei nur wenig geringerem Hitzegrade ist Indikator 1 und $1^2/_{10}$ noch einsaugend, aber $1^4/_{10}$ noch mehr; wie bei einem etwas höheren Hitzegrad der Indikator 1 nur noch klatschend, $1^2/_{10}$ und $1^4/_{40}$ nicht mehr einsaugend. Beispiele der Handhabung der Methode sind bei Ausführung der so bestimmten Normaltone angegeben.

Kehren wir zu der näheren pyrometrischen Untersuchung zurück und besprechen die in dieser Beziehung eine besondere Beachtung verdienenden Berührungsmittel, denen die feuerfesten Materialien im Feuer zu widerstehen haben.

Bei den pyrometrischen Bestimmungen sind nicht allein die physikalischen Erscheinungen der Einwirkung hoher Temperaturen auf den Ton an sich und die chemischen Vorgänge unter den Bestandteilen desselben zu beachten; sondern als nicht minder wichtig ist das, wegen Kombination der Verhältnisse oft sehr schwer zu kontrollierende Verhalten der Tonmassen zu andern Körpern in Betracht zu ziehen, d. i. das Verhalten gegen die verschiedenen Substanzen, mit welchen dieselben hoch erhitzt beim Betrieb dauernd oder vorübergehend in Berührung kommen.

Was die dauernde Einwirkung der unverbrennlichen Rückstände der Brennmaterialien, der Aschenbestandteile angeht, so üben die Asche, verschlackte Asche, Flugasche, sowie auch entweichende flüchtige Stoffe nicht bloß einen unvermeidlichen sondern auch kontinuierlichen Einfluß bei allen direkten Feuerungen aus.

Sie sind die lästigen Feinde der feuerfesten Materialien, ohne daß sich bei dem nach der chemischen Natur der Aschen stets verschiedenen und oft recht wechselnden Angriffe feste oder stetig zutreffende Normen zur Bekämpfung aufstellen lassen.[1]) Der Fabrikant hat ihnen jedoch stets Rechnung zu tragen und soll daher die Zusammensetzung einiger dieser Aschen nach Analysen des Verfassers wie nachfolgend die anderer Forscher hier Erwähnung finden.

Zur Analyse dienten folgende Steinkohlenaschen, womit einige pyrometrische Bestimmungen vorgenommen wurden; aus den Analysen ist der alte Feuerfestigkeitsquotient berechnet worden.

1. Steinkohlenschlacke von Zwickau. Dieselbe ist hart, dicht und schwer, das Pulver dunkelgrau. Schmilzt in heller Rotglühhitze zu einer zähen und erkaltet dichten und festen Masse. Greift in Gußstahlschmelzhitze eine Tonunterlage weit mehr als die nachfolgende westfälische Schlacke an.

2. Schlacke von westfälischen Kohlen. Erscheint hart, aufgebläht und mit Schieferstücken durchsetzt. Schmilzt ebenso zu einer blasigen losen Masse.

3. Schlacke von Saarkoks.

	No. 1,	No. 2.	No. 3.
Kieselsäure . . .	48,06	55,56	35,89
Tonerde	25,26	23,42	19,53
Magnesia . . .	1,44	1,05	10,44
Kalk	5,11	4,23	10,99
Eisenoxyd . . .	16,91	11,34	17,53
Kali	2,98	3,56	2,89
Schwefel . . .	0,46	0,36	2,47
Glühverlust (Kohle)	—	0,94	—
	100,23	100,36	99,74
F.Q.	= 0,67	0,30	0,14
	2,01 neu	0,9 neu	0,42 neu.

Unter den beiläufigen Berührungsmitteln wurde die Einwirkung des Glases und der Eisenschlacke spezieller verfolgt, wie nachstehende, wenn auch kurze und beschränkte Versuche erklären. Da die Resultate einen gewissen Anhalten bieten dürften, so mögen in Ermangelung anderer besserer Methoden diese angeführt werden.

Hinsichtlich der Eisenschlacke ist zu bemerken, daß dieselbe einen sehr verschiedenen chmischen Charakter zeigt — sie kann einen mehr oder minder hohen Gehalt an Basen, besonders Kalk, gegenüber Kieselsäure oder ein stärkeres Zurücktreten derselben aufweisen, ein Tonerdegehalt kann zur Sättigung der Kieselsäure dienen, — sie wirkt demnach, bedingt durch den je-

1) Nach Liegel kann man Steine für Schlacke widerstandsfähiger machen, wenn man ihre Zusammensetzung derjenigen der Schlacken möglichst konform macht, ihnen ein feines Korn gibt und sie tunlichst hart brennt.

weiligen Einfluß in ungleicher Weise auf die Tonmasse, mit welcher sie in Berührung tritt, wobei vor allem auch die Zustellungssteine des Hochofens in Betracht kommen. Auch bei gleichem Kieselsäuregehalt der Beschickung können je nach dem Gang des Ofens die entstehenden Schlacken sehr verschieden auf die feuerfesten Steine aus Tonmaterial wirken, mit welchen der Ofen zugestellt ist, auch wenn dieses von gleicher Beschaffenheit ist. Eine Schlacke vom Rohgang greift erfahrungsmäßig durch ihren Eisenoxydulgehalt das Gestell sehr an, frißt es aus, während bei garem Gang dieselbe Beschickung eine mit dem Ton so schwerschmelzende Masse gibt, daß die Schlacke an den Gestellwänden anbackt („sie schmiert es zu").

Zur Prüfung der feuerfesten Tone hinsichtlich ihres Verhaltens im Feuer gegen Glas, Eisen- und Ofenschlacke versetzt man den zu untersuchenden Ton mit 1/2, 1, 2, 4 usw. Proz. feinstem Glaspulver [1]) oder Eisenschlackenpulver [2]), durchmengt dieselben innigst damit, erst trocken und dann im breiartigem Zustande, trocknet die Gemenge, zerreibt sie von neuem und formt aus einer bestimmten, abgemessenen Menge Proben in Gestalt kleiner Zylinder. Die Zylynderchen werden mit einer Nummer bezeichnet, die dem Glaszusatz usw. entspricht. Werden hierauf diese mit den zunehmenden Glasmengen versetzten Proben einer heftigen Glühhitze unterworfen, so übt bei verschieden zusammengesetzten Tonen das Glas auch eine verschiedene Schmelzbarkeit aus, indem dieselbe früher oder später, in stärkerem oder geringerem Grade eintritt. Nimmt man dabei einen gewissen, schon weiter fortgeschrittenen Grad der Schmelzung als Norm an, so läßt sich auf diese Weise ein Normalgrad für die Schmelzbarkeit und Widerstandsfähigkeit eines Tones gegen flüssiges Glas usw. ermitteln. Während so z. B der Grünstädter Hafenton einen Glaszusatz bis zu 16—18 Proz. verträgt, ehe er in Schmiedeeisenschmelzhitze zerfließt, beginnt bei Eisenschlackenzusatz dieselbe Erscheinung schon mit 7—8 Proz. Die Wirkung der Eisenschlacke ist somit wenigstens doppelt so groß. Im Allgemeinen ist für die Änderung der Schmelzbarkeit eines Tones durch Zusatz von Glas oder Eisenschlacke dessen pyrometrische Stellung maßgebend, doch gibt es auch spezifische Ausnahmen [3]), deren Ermittelung das beschriebene Verfahren für das eine oder andere Berührungmittel zur Aufgabe hat. Ferner tritt bei derselben Glasart eine Sättigung eher bei dem gebrannten (substanzreicheren) als ungebrannten Ton ein. Für die Praxis geht daraus bestätigend hervor, daß mit dem und keinenfalls zu schwachen Brennen des Tones der Aufnahmefähigkeit durch das Glas entgegengewirkt wird.

Sieht man von diesem so zu bestimmenden unmittelbarsten Einfluß von Schmelzmitteln auf die Tone ab, so kann man viel einfacher z. B. auf ihr Verhalten gegen Ofenschlacke prüfen, indem man Proben entweder direkt dem offenen Feuer aussetzt oder vorsichtiger, wenn man dieselben in einen Tiegel bringt und sie mit Schlacken oder Schmelzmitteln, deren Einwirkung ermittelt werden soll, umgibt. Nachdem man von den zu prüfenden feuerfesten Fabrikaten oder gebrannten Tonen ermittelt, welchen Hitzegrad dieselben vertragen ohne eine Deformierung durch Schmelzen zu zeigen, setzt man Stücke davon oder aus denselben nach vorheriger feinster Zerkleinerung geformte Proben in der bezeichneten Weise dem offenen Feuer oder in einem Tiegel dem Einflusse von

1) Dingler's Journal 208, S. 51.
2) Dingler's Journal 208, S. 445.
3) cf. l. c. Der pyrometrisch den Grünstädter Ton übertreffende Mühlheimer Ton steht hinsichtlich seiner Schmelzbarkeit durch Glas entschieden tiefer.

Schlacke oder sonstigen Berührungsmitteln bis zu dem ermittelten und durch eine Kontrollprobe überwachten Hitzegrad aus. Je nachdem alsdann die Proben mehr oder weniger angegriffen werden, oder infolge von Aufblähung dick geworden, aufgeborsten oder zerfressen [1]) sind usw., kann man bei verschiedenen Materialien die sich ergebenden Abstufungen der durch die Ofenschlacke usw. verminderten Schwerschmelzbarkeit beobachten.

Bunte hat eine recht eingehende und bei dem bisherigen Mangel ähnlicher Untersuchungen ebenso dankenswerte als verdienstliche Arbeit über das Verhalten der Steinkohlenaschenschlacke hinsichtlich der Schmelzbarkeit und der Einwirkung derselben auf das Material der feuerfesten Steine beschrieben im Journal für Gasbeleuchtung 1879, Nr. 11, 14 und 17.

Bei der zugleich angestellten chemischen Analyse verschiedener Aschenschlacken wurden nur diejenigen Bestandteile bestimmt, welche in weit überwiegender Menge die Asche der Koks ausmachen und die auch für die Schmelzbarkeit der Schlacke als vorherrschend maßgebend gelten, nämlich Tonerde, Kieselsäure, Eisenoxyd, Kalk und Magnesia; die Alkalien blieben unermittelt.

Die verschiedenen Verbindungen, in welchen das Eisen in der Schlacke sich vorfindet, wurden bei der Analyse nicht weiter beachtet, sondern der gefundene Eisengehalt als Eisenoxyd berechnet. Als ungefährer Anhalt für die Schmelzbarkeit einer Schlacke wurde das Verhältnis der Summe der Kieselsäure und Tonerde zu der der Flußmittel (Eisenoxyd, Kalk und Magnesia) angenommen. Die Berechnung fand hierbei in der überaus einfachen Weise statt, daß kurzweg die prozentischen Zahlen der Analyse für diese beiden Gruppen der Bestandteile addiert und dann die sich ergebenden Summen, also die der Tonerde + Kieselsäure in die der Summe des Eisenoxyds, Kalkes und der Magnesia dividiert wurden, wobei die Sauerstoffmengen sowie die äquivalenten Verhältnisse unter den Flußmitteln unberücksichtigt blieben. Noch ist daran zu erinnern, daß Tonerde und Kieselsäure nicht schlechthin als gleichwertige Erhöhungsmittel der Schwerschmelzbarkeit gelten können. Die Kieselsäure spielt eine andere Rolle und ist imstande als Schmelzmittel aufzutreten.

Die Untersuchung erstreckte sich auf sechs nach der berechneten Schwerschmelzbarkeit geordneten Kokssorten mit folgender Zusammensetzung, woraus die in der beschriebenen Weise sich ergebenden Quotienten berechnet wurden, denen noch die Zahlen einer korrekteren Berechnung auf Grund der Sauerstoffmengen wie die aus der chemischen Zusammensetzung berechenbaren Feuerfestigkeitsquotienten beigefügt sind.

Die Kokssorten sind geordnet nach den abnehmenden Quotienten:

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
	Böhmische Koks Littitz.	Westfäl. Consolidation	Saar-Heinitz I	Engl. Leverson Wallsend u. Primrose	Oberschles. Luisen-Grube	Sächs. Forst Schacht
Kieselsäure . .	51,43	50,82	51,90	48,00	38,47	33,62
Tonerde . . .	32,91	28,09	25,27	24,82	20,86	18,24
Eisenoxyd . . .	11,57	15,81	12,33	19,24	11,62	25,62
Kalk	2,67	2,11	3,60	10,87	18,41	20,10
Magnesia . . .	0,95	—	2,66	—	9,06	2,43
	99,53	96,83	95,76	102,93	98,42	100,01

1) Eine saure Schlacke, d. i. namentlich ein schmelzender tonhaltiger Sand greift z. B. den Kaolin ganz auffallend an. (Der Verf.)

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
	Böhmische Koks Littitz	Westfäl. Consolidation	Saar Heinitz I	Engl. Leverson Wallsend u. Primrose	berschles. Luisen-Grube	Sächs. Forst Schacht
1. Quotient Bunte	5,55	4,40	4,15	2,42	1,52	1,08
2. Quotient corrig.	4,13	3,56	2,88	1,78	0,9	0,75
3. Feuerfestigkeitsquotient (nach früherer Weise berechn.)	2 49	1,68	1,11	0,75	0,42	0,33

In betreff der aus vorstehender Tabelle berechneten ersten Reihe der Quotienten, die gegenüber den von mir hinzugefügten im großen und ganzen ähnliche Verhältnisse unter sich zeigen, fand Bunte, daß bei den vier folgenden verschieden strengflüssigen Kokssorten die Berechnung mit der Beobachtung ausreichend übereinstimmt. Die Aschenschlacken, sagt derselbe, „erscheinen bei den böhmischen und westfälischen Koks übereinstimmend mit den Beobachtungen beim Betrieb des Schlitzgenerators als die strengflüssigsten; ebenso entspricht die Stellung der Aschenbestandteile aus oberschlesischen und sächsischen Koks dem beim Betrieb beobachteten Verhalten."

Was ferner das Nichtstimmen der Berechnung bei den Saar- und englischen Koks angeht, dessen etwaige Ursache Bunte nicht weiter verfolgt zu haben scheint, so ist dasselbe fast unzweifelhaft auf eine Fehlerhaftigkeit der Analyse dieser beiden Koks zurückzuführen, welche nämlich auf 100 bezogen unter sämtlichen untersuchten Schlacken die größten Abweichungen aufweisen. Bei den Saarkoks fehlen an 100 4,24 Proz., während sich bei den englischen Koks 2,93 Proz. zu viel finden, Differenzen (ein Verlust oder Überschuß), welche völlig groß genug sind, um eine ganz andere und meist genügende Berechnung für eine erwünschte Übereinstimmung zu geben.

Bei den Saarkoks ist offenbar die Zahl infolge einer zu gering angenommenen Flußmittelmenge zu hoch und umgekehrt bei der englischen wegen einer zu großen Flußmittelmenge zu niedrig berechnet worden.

Bringt man bei den Saarkoks die an 100 fehlenden 4,24 Proz. als Alkali[1]) in Rechnung, so sinkt der Feuerfestigkeitsquotient von 0,37 auf 0,31, welche letztere Zahl alsdann der von Bunte auf Grund der Beobachtung sich herausstellenden Näherstellung zu den schlesischen Koks (0,14) als zu den westfälischen (0,56) entspricht. Wenn dabei nicht auch rechnungsmäßig die Saarkoks leichtflüssiger, als die englischen Koks erscheinen, so ist zu berücksichtigen, daß die Analyse für die englischen Koks mit einem Überschuß von 2,93 Proz. fehlerhaft ist und daher nicht als maßgebend angesehen werden hann.

Wollte man den Überschuß als Flußmittel betrachten und dieselben in Abzug bringen, so würde sich dadurch die Schwerschmelzbarkeit und somit der Feuerfestigkeitsquotient entsprechend erhöhen. Nach alledem kann es demnach fast als sicher gelten, daß das bemängelte Mißstimmen bei beiden Analysen in vorgekommenen Ungenauigkeiten zu suchen ist, und können daher diese zwei nicht stimmenden Fälle gegenüber den vier stimmenden letztere nicht in Frage stellen oder gar die sich sonst ergebende Gesetzmäßigkeit umstoßen.

Ich gehe über zu den von Bunte besprochenen Schlußfolgerungen auf

1) Nach der von Liegel angegebenen Analyse von Saarkoks aus der Kohlengrube Altenwald beträgt der Alkaligehalt 4,95 Proz.

Grund der Beobachtung, daß „je leichter die Schlacke einer Kokssorte abfließt, destomehr das Abschmelzen der Schlitzsteine“ (verwendet bei dem Versuchgenerator) stattfand, was sich sachlich ausreichend erklären läßt, doch ist hinsichtlich der gleichzeitigen Behauptung „das Material der Schlitzsteine (wozu Stettiner-Schamottesteine benutzt wurden)[1]) bestehe aus denselben sauren Bestandteilen, welche die feuerbeständigen der Koksschlacken ausmachen“, darauf hinzuweisen, daß allerdings die gleichen Substanzen, doch in ganz anderen Verhältnissen unter sich vorliegen, welche eben hier eine sehr große Schwerschmelzbarkeit und dort ein verhältnismäßig leichtes Schmelzen bedingen. Läßt sich doch mittelst selbst chemisch reiner Tonerde wie Kieselsäure eine Mischung herstellen, die bei entsprechendem größerem Vorherrschen der letzteren, sich ziemlich leicht schmelzbar und umgekehrt bei Vorherrschen der Tonerde äußerst schwerschmelzbar zeigt. Je nachdem so z. B. ein Ton oder irgend eine Masse 20 oder 30 oder gar 40 Proz. Tonerde enthält, ist dessen Schwerschmelzbarkeit nicht nur sehr verschieden, sondern eine in ganz ungleich bedeutendem Grade gesteigerte. In dem Mengenverhältnis liegt also die Entscheidung und nicht in etwa vorhandenen gleichen Bestandteilen.

Sagt Bunte weiter, daß selbst Steine aus reiner Kieselsäure oder reiner Tonerde nach und nach von der Schlacke zerstört werden würden, so ist dagegen tatsächlich nichts einzuwenden; nimmt man aber an, daß von beiden Stoffen, jedem für sich, und namentlich der Tonerde nicht saugende Steine hergestellt werden, so würde alsdann sich ein bedeutend geringerer oberflächlicher Angriff und langsameres Abschmelzen zeigen, also eine ungleich längere Widerstandsfähigkeit die Folge sein. Reine Tonerde ist ja für sich in unsern Feuerungen unschmelzbar, nur muß die Schlacke verhindert werden darin einzudringen und dadurch den Schmelzprozeß herbeizuführen.

Ein Mittel, das wenigstens teilweise die chemische Einwirkung der schmelzenden Schlacke verhindert, wobei auch noch andere zum Teil flüchtige Stoffe[2]) in Betracht zu ziehen sind, dürfte unter der selbstredenden Voraussetzung, daß die Steinmasse den herrschenden Hitzegrad immerhin ohne Deformierung verträgt, allerdings in der Herstellung verdichteter oder vor dem Schlackenfluß bereits verdichteter Steine, worauf Bunte im allgemeinen hinweist, zu suchen sein. Das gefährlichste Moment liegt hier in dem Einsaugen der Steine, d. h wenn sie eben zu porös sind. Sie ziehen dann die flüssige Schlacke begierig ein, welche im Innern der Steine ihre zersprengende, den Zusammehang lockernde

---

1) Nach der von Bunte angegebenen Analyse war die Zusammensetzung der Schamottesteine:

Kieselsäure	55,98
Tonerde	40,44
Eisenoxyd	1,85
Kalk	0,69
	98,96.

2) Außer dem zerstörenden Einflusse der Koksaschenschlacke ist hier noch hinzuzufügen, daß nach Hammerbacher (Tonindustrie-Ztg. 1878, Nr. 23) auch den Wasserdampf begleitende Stoffe eine kräftige chemische Wirkung auf das Steinmaterial auszuüben vermögen. H. ermittelte so und zwar gemäß quantitativer Bestimmung, daß sich in den durch Wasser geleiteten Verbrennungsprodukten des Brennmaterials nicht unbeträchtliche Mengen von Salzsäure, Schwefelsäure, Phosphorsäure, Erden und Alkalien vorfinden, denen also die feuerfesten Steine immerhin je nach der Beschaffenheit des Brennmaterials ausgesetzt sind.

Wirkung äußert und indem sie die abgelösten Teile als Netzwerk umgibt, dieselben unfehlbar der Zerstörung entgegenführt. Es ist dies um so mehr zu beachten, je leichtflüssiger die Schlacke, also im vorliegenden Falle bei den Zwickauer, oberschlesischen und wohl auch Saarbrücker Koks. Ein Beispiel, wie sehr es auf die Dichte des Scherbens ankommt, zeigte ein Fall, wo ein hochtonerdehaltiger Kupolofenstein einer der renommiertesten deutschen Fabriken sich nicht bewährte, da er in Bälde von der Schlacke angegriffen wurde, während eine viel geringere, aber dichter gebrannter Marke einer anderen, unbedeutenden Fabrik sich vorzüglich bewährte.

Die Hauptbedeutung läge in diesem Fall darin, den Stein möglichst dicht zu brennen, um die Schlacke nicht einsaugen zu lassen, was bei der ersten Marke nicht der Fall war. Ohne die erforderliche Dichte hilft eben auch die tonerdigste und feuerfesteste Zusammensetzung nichts!

Hier muß in erster Linie dem Eindringen der Schlacke entgegengewirkt werden, wenn auch zugleich daran festzuhalten ist, daß, je feuerbeständiger ein Stein, sich ein um so schwächeres äußerliches Abfließen[1]) einstellen wird. Es ist dabei immerhin an den alten bekannten Grundsatz zu erinnern, daß bei basischer Schlacke, also bei den böhmischen und westfälischen Koks, die Steine möglichst basisch und bei saurer Schlacke, also bei den oberschlesischen und sächsischen Koks dieselben tunlichst sauer herzustellen sind.

Lassen die Versuchen Buntes keinen Zweifel übrig, daß je leichter die Schlacke einer Kokssorte abfloß, desto mehr die feuerfesten Steine, namentlich die Schlitzsteine angegriffen wurden, so darf dabei der vorliegende besondere Fall nicht übersehen werden, daß dies bei ganz vorzüglich hochstehenden Steinen stattfand, welche bei der größeren Erhitzung einer um so rapider eingesogenen Schlacke zu widerstehen hatten. „Bei den weniger leichtflüssigen englischen Koks war schon die Einwirkung nicht mehr so heftig,“ bei den zweitstrengflüssigen westfälischen Koks „wurde das Mauerwerk eigentlich nur durch das mechanische Losbrechen der daran haftenden harten Schlacke beschädigt.“ Hier also wird uns der bedeutungsvolle Fingerzeig gegeben, daß bei einer gewissen Zähflüssigkeit der Ofenschlacke der Stein, wenn er nur sehr schwer schmelzbar und selbst noch saugend ist, genügenden Widerstand leistet. Die Schlacke war zu zähflüssig, um von der Steinmasse noch eingesogen zu werden, woraus für geringere Zähflüssigkeit folgt, daß die Steine so herzustellen sind, daß das Verhalten ein ähnliches sei, um sich gleich abwehrend gegen die Schlacke zu verhalten. Daß überhaupt die Schlitzsteine von den leichter schmelzbaren abfließenden Kokssorten mehr angegriffen wurden, dürfte sich dadurch erklären, daß hier das Schmelzmittel in derselben Zeiteinheit häufiger und reichlicher vorbeigeführt und somit die Zerstörung in erhöhterem Maße bewirkt wird.

Eine allmähliche Zerstörung wird indessen immer eintreten, insofern wir es ja stets mit nicht absolut feuerbeständigen oder völlig unangreifbaren, sondern nur relativ unschmelzbaren Steinmassen zu tun haben; doch ist die Aufgabe der feuerfesten Industrie: die relative Widerstandsfähigkeit zu steigern, auch hier unablässig zu verfolgen, sei es durch angepaßte Herstellung des Steinmaterials oder durch zweckdienliche Einwirkung auf die Schlacke mittelst geeigneter Zuschläge. Winke dazu bietet die sehr verdienstvolle erwähnte Arbeit in mehrfachen Punkten.

---

1) Ein Abfließen der Schlacke als dünner Schmelzüberzug bildet ein Schutzmittel gegen zu heftiges Eindringen der Stichflamme.



Gehen wir über zu der pyrometrischen Untersuchung oder der Prüfungsweise verschiedener Materialien, wie der feuerfesten Fabrikate, des Quarz und der Sandsteine, des Graphits und der Graphittiegelmasse.

Feuerfeste Fabrikate. — Gebrannte Tone oder daraus hergestellte Fabrikate bedürfen einer längeren Einwirkung der Prüfungshitze als die ungebrannten; man muß sie daher bei ihrer pyrometrischen Prüfung öfter oder stärker erhitzen als die frischen Tone. Bedient man sich dabei der Normaltone, so ist es am zweckmäßigsten auch diese in stark gebranntem Zustande anzuwenden, da alsdann die Glüherscheinungen an erwünschter Ähnlichkeit gewinnen und der unmittelbare Vergleich mehr erleichtert wird.

Ist es, worauf wir wiederholt hinweisen, bei der Feuerfestigkeitsprüfung von Tonen nicht selten ohne und namentlich praktischen Wert, außer der Temperatur, in welcher dieselben völlig niederschmelzen, auch jedesmal festzustellen, wann sie eben erst zu schmelzen oder sich zu deformieren beginnen, so ist bei den Fabrikanten als Regel an der Ermittelung festzuhalten, bis zu welcher Temperatur sich dieselben ohne wesentliche Formänderung erhalten. Hat man zuerst ermittelt, wann das Fabrikat in gleicher Weise mit irgendeinem Normalton niedergeschmolzen, so ist auf Grund weiterer Glühungen, wie unten näher folgt, festzustellen, welcher Temperatur dasselbe noch widersteht. Kommt hierbei besonders bei geringerem Material der niedrigste Normalton in Frage, so handelt es sich um die höhere oder tiefere Stellung dieses Grenztons dem Fabrikat gegenüber. Dabei empfiehlt sich, als Prüfungsobjekt nicht blos mehrere verschiedenen Stellen des Fabrikats entnommene Stücke, sondern zugleich eine geformte Durchschnittsprobe aus dem feinsten Pulver anzuwenden, da hierdurch zugleich ein nicht unwichtiger Fingerzeig erhalten wird, ob man es mit einem Schamottefabrikat oder mit verschiedenen Mischungen, namentlich einer Beimengung von Quarz oder Sand zu tun hat. Bei einem Schamottefabrikat läßt sich in der Regel kein oder nur ein geringer Unterschied zwischen den beiden bezeichneten Proben beobachten. Setzt diese Prüfungsweise auch ein größere Beanspruchung voraus als der Stein beim Gebrauche im Feuer in der Regel zu ertragen hat, so wird doch damit ein Urteil erzielt, was der Stein bei lange fortgesetzter und zeitweilig forcierter Feuerung auszuhalten vermag, welche zugleich zu entscheiden hat, ob der Stein ein reiner Schamottestein ist oder andere Zusätze sowie Unreinigkeiten in merklicher Menge enthält, und gibt somit ein Warnungszeichen ab für gesteigerte Anforderungen im besonderen Falle.

Schiefer. — Schiefer oder pyrometrisch besonders hochstehende Tone lassen sich, wenn man von dem erst in sehr hoch gesteigerter Temperatur zu erzielenden Niederschmelzen absieht, unter einander in depressiver Weise vergleichend bestimmen, wenn man deren Pulver mit 50, 100 und 200 Proz. des niedrigsten Normaltons versetzt, aus dem Gemenge Proben formt und diese in annähernder Platinschmelzhitze glüht. Der pyrometrisch sich tieferstellende Ton schmilzt alsdann bei einem geringeren Zerreiben als der höherstehende. Bei den Gemengen ist ein feines Zerreiben von Quarzkörnchen zu vermeiden. Diese Prüfungsweise läßt die überhaupt tiefere Stellung des Kaolins gegenüber dem besten Schiefer besonders deutlich erkennen.

Quarz und Sandstein. — Bei der im nächstfolgenden (vierten) Kapitel folgenden Prüfung von Quarz- oder Sandsteinproben in hochgesteigerter Temperatur, worauf wir hier verweisen, gibt das Einsaugen einer gefärbten Flüssigkeit oder eines gemachten Tintenstrichs ein Kennzeichen für die noch nicht eingetretene glasige Beschaffenheit der Probe. Ein Abstauben der geglühten

Proben beim Schneiden bietet kein Merkmal für den abgeschmolzenen Zustand dar, da selbst eine halbglasige Masse noch ein Abstauben zeigt.

Graphit. — Was die pyrometrische Prüfungsweise der Graphite angeht, so sei hier auf den ebenfalls im vierten Kapitel folgenden Abschnitt über die Wertbestimmung dieses Zusatzmittels der feuerfesten Tone hingewiesen. Was die Graphittiegel selbst angeht, so soll hier noch eine einfache Prüfungsweise des Verfasssers beschrieben werden.

Zur vergleichenden Prüfung verschieden zusammengesetzter Tiegelmassen formt man sich daraus kleine Tiegelchen, welche tunlichst sorgsam, besonders hinsichtlich gleichmäßigster Wandstärke, hergestellt werden. Nachdem dieselben erst recht allmälich und hierauf scharf getrocknet worden, werden vier dieser Tiegelchen, wovon je zwei sich gegenüberstehende aus derselben Masse bestehen, auf einer Tonscheibe aufgeklebt, mit gut verschmiertem Deckel versehen und nun zweimal hintereinander dem offenen Feuer ausgesetzt, das letzte Mal so lange, bis sich zerfressene Stellen oder selbst ein teilweises Niederschmelzen beobachten lassen. Die erforderliche Glühzeit ist, wenn ein sonstiger Anhalt fehlt, durch Vorversuche zu ermitteln. Als Kontrolle gilt hierbei, daß die gegenüberstehenden Tiegelchen ein gleiches Aussehen, d. h. gleiche Schmelzerscheinungen aufweisen. Ist dies nicht der Fall, so ist der Versuch zu verwerfen und so lange zu wiederholen, bis auf diese Weise ein gleiches Resultat der gleichen Proben und damit ein etwaiger größerer oder kleinerer Unterschied zwischen den jedesmal versuchten zwei Tiegelmassen deutlich zu konstatieren ist. Es ergibt sich so bei zutreffender Behandlung ein maßgebendes Verhalten der Tiegelchen untereinander infolge der Einwirkung der Erhitzung und des Schlackenangriffs.

Indirekte in der großen Praxis angewandte Prüfungsweise. — Mit Übergehung einiger sonstigen dem Verf. bekannt gewordenen aber allzu unbestimmt beschriebenen indirekten Prüfungsweisen möge hier zunächst eine teilweise eigentümliche pyrometrische Bestimmungsweise angeführt werden. Auf Hüttenwerken in Oberschlesien wird, um die Verwendbarkeit feuerfester Ziegel als Hochofensteine im Gegensatz zur Bestimmung der absoluten Feuerbeständigkeit zu ermitteln, folgende depressive, d. h. die Schwerschmelzbarkeit herabmindernde Prüfung vorgenommen. Man vermischt das vorliegende Fabrikat, nachdem es vorher aufs feinste zerrieben worden, mit 10 Proz. Hochofenschlacke[1]) und setzt daraus gebildete kleine Ziegel während 4 1/2 Stunden auf der Feuerbrücke der Glühhitze eines Schweißofens aus.

Gute brauchbare Steine sollen diese Probe bestehen ohne sich zu deformieren oder zusammenzuschmelzen. Man nimmt dabei hinsichtlich der erforderlichen mechanischen Festigkeit des Steines an, daß wenn der Sauerstoff der Kieselsäure sich zu der der Basen wie 1,049 : 1 verhält, und Kieselsäure und Tonerde im Verhältnis von 1,4 : 1,0 stehen, ein völlig genügender Grad von sowohl mechanischer, wie pyrometrischer Widerstandsfähigkeit erreicht werde. Dieses beschriebene Verfahren beruht auf Annahmen, über deren durch Versuche unterstützte Begründung nichts vorliegt und die daher eines sicheren Anhalts entbehren, wenn sie auch in dem einen oder andern Falle möglicherweise zutreffen mögen; jedenfalls ist dabei zu beachten, daß

1) Nach der Analyse bestand eine solche aus 8,37 Proz. Tonerde, 37,66 Proz. Kieselsäure, 19,79 Magnesia, 26,99 Kalkerde, 2,67 Eisenoxydul, 2,20 Manganoxydul und 3,02 Schwefelkalzium.

verschiedene Tonmassen je nach ihrer Zusammensetzung auch andere Verbindungen eingehen und sich daher an sich gegenüber der Hochofenschlacke verschiedenartig verhalten.

Dasselbe Prinzip verfolgt die sogenannte indirekte quantitative Analyse der Feuerfestigkeit, ein Verfahren, welches nach Kosmann in Amerika angewendet wird. Man bestimmt die Schwerschmelzbarkeit in der Weise, daß dem Tone ein gewisser Gehalt von Schmelzmitteln zugesetzt und nun ermittelt wird, bei welchem Temperaturgrade, soweit dies festzustellen ist, derselbe schmilzt. (Leipziger Töpfer-Ztg. 1894, Nr. 20.)

Wir wenden uns nun zur Prüfungsweise mit Hilfe von natürlichen Tonen, den Normaltonen, welche nachstehend ins einzelne gehend abgehandelt werden sollen.

Man vergleicht die Glüherscheinungen des zu prüfenden Tones unmittelbar mit denen der Normaltone, indem die hergestellten Cylinderpröbchen beider einem bestimmten, keinenfalls zu geringen, bei den pyrometrisch höher stehenden mehr als bei den niedriger stehenden zu steigerndem Hitzegrade ausgesetzt, auf derselben Scheibe aufgestellt und geglüht werden und nun beobachtet wird, mit welchem der Normaltone der zu prüfende Ton zusammenfällt oder welchem er sich, was alsdann weiter und eingehender zu verfolgen ist, mehr oder weniger nähert. Es sind dabei die oben genannten Vorsichtsmaßregeln beim Glühen sowie die angegebenen Kontrollierungen und das Übereinstimmen verschiedener, absichtlich abgeänderter Vergleichsmomente zu beachten. Man schließt bei diesem Verfahren ganz eigentlich aus dem und zwar tunlichst umsichtig Bekannten auf das Unbekannte, wobei je nachdem man sich eine größere Sicherheit durch umfassende Vorübung mit den aufgestellten Normen verschafft hat, um so zutreffender der Schluß oder das Urteil ausfallen wird. Die Glühungen werden genau in der Weise, wie oben eingehender dargelegt worden, ausgeführt. Die zu prüfenden Tone werden dabei doppelt und genügend weit von einander aufgestellt und zwar so, daß die gleichen Proben an entgegengesetzten Stellen der Glühscheibe sich befinden, damit sie eine Kontrolle abgeben, ob die Erhitzung in der Glühzone auch eine durchaus gleiche war, oder es sich sofort zu erkennen gibt, wenn dies nicht stattfand. In letzterem Falle ist der Versuch so oft zu wiederholen, bis eine Übereinstimmung im Aussehen der gleichen Proben erzielt ist. In der Regel läßt sich indeß eine große Gleichmäßigkeit konstatieren, wovon das Gegenteil nur selten bei einer nicht beachteten Schadhaftigkeit des Ofens eintritt, oder in sonstigem Übersehen der angegebenen Vorsichtsmaßregeln seinen Grund hat.

IV. Die Normaltone.

1. Allgemeiner Teil.

Wo eine sonstige Untersuchungsweise für die Praxis zu wenig oder gar einen unsichern Anhalt gibt, muß man sich auf Normen beziehen. Die Normen sind dabei in möglichst zuverlässigen und vergleichbaren Zahlen auszudrücken. Von diesen Gesichtspunkten aus ist die schon ältere und ursprünglich rein erfahrungsmäßige Aufstellung der Normaltone[1]) erfolgt, womit hinsichtlich der

1) Das Verfahren der Aufstellung von Normaltonen oder Normen kann man

Prüfung der feuerfesten Tone bezweckt wird, sich an die in der feuerfesten Industrie gebrauchten und bekannten Tone unmittelbar anzulehnen. Als Aufgabe gilt dabei neben engster Fühlung mit der immerzu fortschreitenden Fabrikation, der Erfahrung im Großen, eine stets wechselseitige Kontrolle, namentlich der Normaltone untereinander. Nur von dem empirisch und zugleich experimentell Bestätigten oder dem als unzweifelhaft Bekannten soll auf das Unbekannte geschlossen werden. Werden die Eigenschaften der angenommenen Normaltone in möglichst erschöpfender Weise ermittelt, und dient deren genaue Charakterisierung gewissermaßen zu deren Individualisierung, so ist es verhältnißmäßig ein leichtes, bei andern damit in Vergleich gestellten Tonen ähnliches wie unähnliches herauszufinden und nicht nur sofort tiefer und vollständiger einzudringen, sondern so zu einem ganz bestimmten Begriffe[1]) der zu prüfenden Tone überhaupt zu gelangen. Die Normaltone können so auch als Wegweiser dienen, wie überhaupt die pyrometrischen Prüfungen einzurichten sind, was weiter unten folgt.

Je vollständiger dann diese Normaltone in allen nur denkbaren Beziehungen erforscht werden, umsomehr wächst nicht nur die Kenntnis dieser, sondern es nehmen die sich gegenseitig kontrollierenden Anhaltspunkte in gesteigertem Maße zu. So sollen sich als Grundlage die Erfahrung und als Mittel das unausgesetzte Studium der Normaltone mit Hilfe stetiger Versuche und Vergleichungen untereinander gegenseitig ergänzen. Vermieden sollen dabei werden künstliche oder einseitige Annahmen, welche nicht allein der Prüfung einen gewissen Zwang auferlegen, sondern, da sie immer auf gewissen hypothetischen Voraussetzungen beruhen, gar zu leicht irrtümlichen Auffassungen Raum lassen.

Die systematisch geordneten Normaltone umfassen sämtliche hochfeuerfesten Tone von dem höchststehenden an, den man überhaupt bis jetzt kennt, bis zu dem letzten und niedrigsten herab, welcher ebenfalls der Praxis entnommen ist und z. B. am Rhein wie auch sonsthin die erfahrungsmäßige Grenze zwischen den hochfeuerfesten, d. h. den als Gruppe für sich und den gewöhnlichen feuerfesten in der Hüttentechnik verwendeten Tonen, bildet. Für die Aufstellung der Normaltone sind als Typen vorherrschend Tone gewählt,

---

selbstredend wie für die Feuerfestigkeit auch ebenso für andere hervorragende Eigenschaften der Tone in Anwendung bringen. Man wählt sich eben tunlichst bekannte Tone aus, bei welchen die eine oder andere zu vergleichende Eigenschaft besonders deutlich ausgeprägt ist und macht dieselben zum Gegenstande eingehender Prüfung und Untersuchung. Indem man nun andere fremde Materialien mit diesen maßgebenden Proben vergleicht, ist man im stande, irgend ein unbekanntes und an sich schwer bestimmbares Verhalten bestimmt beurteilen zu können. Vergl. Olschewsky, Töpfer- u. Ziegler-Ztg. 1880, Nr. 36.

1) Hat sich doch für viele Produzenten wie Konsumenten von feuerfestem Ton mit der bisherigen Beziehungsweise auf die Normaltone ein brauchbares und sicheres Maß eingeführt, wonach im Tonhandel bei bedeutenden Abschlüssen gekauft und verkauft worden. Auf einer Reihe von Fabriken und öffentlichen Instituten fanden die gewissermaßen als Typen oder in ihrer Individualität allgemeiner bekannten Normaltone eine freundliche Aufnahme und briefliche wie öffentliche Anerkennung. Weiteres übergehend möge noch zur Stütze dieser Behauptung ein Urteil des früheren Besitzers der Fabrik feuerfester Produkte in Stolberg b. Aachen, R. Keller, angeführt werden. Derselbe äußerte sich gelegentlich eines Vortrages: „In wirklich auffallender Weise habe ich die Bischof-schen Angaben (beruhend auf den Normaltonen), welche ich seit Jahren fleißig benutzt, durch die Praxis bestätigt gefunden." (R. Keller, Vortrag über die Fabrikation und Anwendung feuerfester Steine, 1880.)

welche in den industriereichen Bezirken am Rhein, in Westfalen, Schlesien, Böhmen usw. zu den allgemein bekannten und reinern gehören unter Ausschluß der sandreichen oder allzu ungleichartigen.

Bei den Entnahmen des Materials für die Normaltone ist zu berücksichtigen, daß einzelne ausgesuchte, dem Ansehen nach möglichst gleichmäßige Stücke eines Tonlagers und zwar in der Regel aus einer bestimmten Schicht darin, sich in pyrometrischer Beziehung stets etwas höher stellen als verschiedenartige aus demselben Lager, welche zudem teilweise sandhaltiger oder unreiner sein können. Die Mischung aus einer großen Durchschnittsmenge verhält sich daher als Regel geringwertiger als ausgelesene gleichartige Einzelproben. Es ist somit nicht bloß der größeren Gleichmäßigkeit wegen, sondern um die Normaltone eher etwas höher als zu tief zu halten und bei Prüfungen keinenfalls die Proben zu überschätzen, der bezeichneten Auswahl der Vorzug zu geben. Für die Normaltone sind deshalb ausgesuchte und der äußeren Beschaffenheit nach recht gleichmäßig erscheinende Stücke zu nehmen, woraus dann das durchschnittliche Normalmaterial immerhin in größerer Menge herzustellen ist. Die bezeichnete, bewährte und ebenso einfache als verhältnißmäßig sichere Darstellung eines Vorrats von Material für die Normaltone, mit Hilfe des bei einiger Übung recht unzweifelhaften Merkmals der Gleichmäßigkeit, ist auch aus dem Grunde streng zu befolgen, um nicht etwa einem störenden, wenn auch sofort nachweisbarem Wechsel in der Beschaffenheit des natürlichen Tones ausgesetzt zu sein. Es ist so auf eine vorkommende beste Varietät oder mindestens gute Durchschnittsqualität des einzelnen als Normalton hingestellten Tones zu halten, da solche mit überraschender Konstanz zu beschaffen sind, wie auf Grund vieljähriger Versuche und Wiederholungen festgestellt wurde.

Bei jedesmaliger Beschaffung von neuem Vorrat muß zur Kontrolle der Gleichmäßigkeit mittels der pyrometrischen Bestimmung wie chemischen Analyse festgestellt werden, ob das gleiche Material vorliegt oder doch keine erhebliche Änderung eingetreten ist. Stimmen beide Bestimmungen unter sich wie mit denen des Originaltones überein, so ist ein Zweifel in betreff der Identität des Materials ausgeschlossen.

Was eine etwaige wechselnde Beschaffenheit der Normaltone angeht, so ist dieselbe im allgemeinen um so geringer, eine je höhere Stellung der Normalton einnimmt. So ist es für den obersten Normalton so gut wie bedeutungslos, ob man dazu den besten Schieferton vom Rhein (Saarbrücken) oder aus Schlesien (Altwasser) oder Böhmen (Kladno und Rakonitz) nimmt. Trotz der großen räumlichen Entfernung dieser Fundstätten ist, wenn dazu nur Stücke je der besten Schicht, d. h. in der Regel des reinsten oder meist des augenscheinlich reinweiß gebrannten Materials ausgewählt werden, deren pyrometrische Stellung eine überraschend gleiche, so daß sich nur mittels sorgfältigster Versuche und sehr hoch gesteigerter Temperatur Unterschiede feststellen lassen.

Ebenso wurde für den Normalton der zweiten Klasse (im großen geschlämmter Zettlitzer Kaolin) durch langjährige pyrometrische Versuche wie die sehr nahe stimmenden und von verschiedenen Chemikern ausgeführten chemischen Analysen festgestellt, daß auch hier die Schwankungen in der Beschaffenheit recht geringfügig sind. Auch weichen bei den besten Varietäten des neu aufgenommenen Briesener Tones die Analysen nur wenig von einander ab.

Anders ist es freilich bei den tiefer stehenden und überhaupt mehr unreinen Normaltonen. Daß jedoch auch hier die Verschiedenheit innerhalb bestimmter und im ganzen enger Grenzen schwankt, dafür gibt z. B. eine Reihe von Analysen für den Normalton der fünften Klasse (Grünstädter Ton) gewissen Anhalt. Es wurde demnach auch hier durch die Analysen wie pyrometrischen Bestimmungen bestimmt ermittelt, welche äußersten Fehler begangen werden können. Zur Ermittelung des pyrometrischen Abstandes unter den Normaltonen wurden dieselben, in bezug auf ihre größere oder geringere Schmelzbarkeit mit einem Zusatz aus gleichen Gewichtsmengen reiner Kieselsäure und Tonerde, welcher kurzweg mit Normalzusatz bezeichnet werden mag, gewissermaßen titriert. Hierbei galt das Verhalten des Tones der ersten Klasse mit dem Zusatz in gleicher (also einfacher) Menge Normalzusatz versetzt und in einer bestimmten Prüfungshitze geglüht, als Maßstab. Die so gekennzeichnete Feuerfestigkeit (F.) jenes obersten Normaltones von Altwasser wurde der Einfachheit wegen kurzweg = 100 gesetzt. Da nämlich die pyrometrische Untersuchung ergab, daß die Schwerschmelzbarkeit des obersten Normaltones sehr nahe mit der des Normalzusatzes zusammenfällt und daher als identisch gelten kann, wurde der Zusatz weggelassen und bei der Ausführung der Prüfungen der Ton als solcher angewandt. Bei einem Tone, welcher nur den zweifachen Zusatz erfordert, um sich in gleicher Prüfungshitze ebenso schwer schmelzbar zu verhalten, ist F. = 100 — 2, oder um eine Skala mit größeren Zwischenräumen zu bekommen, wurde diese Zusatzmenge stets mit demselben Faktor und zwar 10 multipliziert. Es stellt sich demnach für einen solchen Ton F. = 100 — (2 × 10) = 80 oder auf 100 bezogen = 80 Proz. Bei einem Tone, welcher also drei Zusatzteile erhielt, ist F. = 100 — (3 × 10) = 70 d. h. der Ton ist ein 70prozentiger usw. Allgemein: die Gewichtsmenge des Normalzusatzes resp. dessen Zahl mit 10 multipliziert und das Produkt von 100 abgezogen, gibt den Grad der Feuerbeständigkeit in der bezeichneten Weise auf 100 bezogen oder in Prozenten an.

Es ist bei dieser Methode nicht zu verschweigen, daß sich im Laufe der fortgesetzten Versuche und Ermittelungen herausstellte, daß dem Titrierverfahren gewisse Mängel eigen sind.

Die bisherige Aufstellung der 7 Normaltone, welche geordnet wurden hinsichtlich der Schmelzbarkeit in 7 Klassen in absteigenden Graden, war, wie früher angegeben, eine „beliebige“, d. h. je nach den Umständen oder Bedürfnissen, auch in korrektiver Weise, wurde dabei eine, fortschreitender Entwickelung entsprechende Änderung vorbehalten. Es wurden so die Tone als Normaltone gewählt, welche unter den damals bekannten als die ausreichend maßgebenden und geeignetsten Repräsentanten der verschiedenen feuerfesten Tone überhaupt erschienen. Seit dieser Zeit sind dann zum Teil neue bisher unbekannte Tone hinzugekommen, deren Vertretung unter den Normaltonen nicht außer Acht zu lassen ist.

Außer dem Verhalten der Normaltone in der Prüfungshitze, welche früher als Schmiedeeisenschmelzhitze (S.-S.) in zu wenig bestimmter Weise bezeichnet wurde, und die genauer anzugeben ist, soll auch das in verschiedenen geringeren Hitzegraden, sowie eine Reihe von weiter ergänzenden pyrometrischen Bestimmungen angeführt werden.

Fassen wir die Hauptmomente, welche zu Gunsten der eingeführten Normaltone sprechen dürften, kurz zusammen.

Dieselben geben einen praktischen Anhalt, wobei statt eines Tones

immer gleichzeitig mehrere in systematischer Ordnung unter, wie gesagt stets gegenseitiger pyrometrischer und analytischer Kontrolle [1]) maßgebend sind. Es ergeben sich so stets eine Menge von Anhaltspunkten, die unter sich stimmend das Urteil vervollständigen. Jeder in den verschiedensten Beziehungen untersuchte und in seinen Eigenschaften individualisierte Normalton vermag ein vielseitig beleuchtetes und daher umfassendes Bild zu geben, welches um so vollständiger und in übersichtlicher Weise zuläßt, Schlüsse zu ziehen. Fast alle Normaltone bilden die Repräsentanten je einer bestimmten Tongruppe. Sie ermöglichen daher nicht bloß zu ermitteln, welche Stellung die zu prüfenden Tone dazu einnehmen, ob letztere sich denselben mehr oder weniger nähern, oder im günstigen, nicht allzu selten vorkommenden Falle sich damit identifizieren; sondern welcher Gruppe sie überhaupt angehören, oder welche Abweichungen stattfinden, die geeignet sind neuen und im gegebenen Falle wissenschaftlich zu verfolgenden Aufschluß zu bringen.[2]) Hierdurch wird dem geprüften Tone sofort ein ganz bestimmter Platz angewiesen, welcher sich, wie weiter unten folgt, stetig schärfer und überzeugender bis zur vollen Gewißheit präzisieren läßt. Die fast als Regel bei der Prüfung der feuerfesten Tone gestellte Frage, welchem unter bekannten Tonen dieselben gleichkommen oder als Ersatz dienen können, erledigt sich mit der Anwendung der Normaltone unmittelbar von selbst. Bei dieser Prüfungsmethode unterstützt also, wie wir wiederholen und die Versuche zeigen, einerseits die immer mehr erschöpfende Untersuchung der Normaltone deren Kenntnis und erleichtert die der damit zu vergleichenden Tone, als andererseits jede neue pyrometrische Feststellung die Erkenntnis der feuerfesten Tone überhaupt fördert. Die Methode beruht daher, wie oben schon berührt wurde, auf der eindringendsten sachlichen Gegenseitigkeit, womit die Anhaltspunkte vermehrt und doch zugleich die Ausführung vereinfacht und was kein geringer Vorteil, beschleunigt wird. Innerhalb weniger Stunden ermöglichen dieselben bei zweckdienlicher Vorbereitung zehn vorliegende Tone zuverlässig im Feuer zu prüfen und deren pyrometrische Stellung festzulegen. Künstliche Gemenge können, selbstredend vorausgesetzt daß hier kein Wägungsfehler oder mögliche Mißgriffe vorkommen und die Reinheit der angewendeten Substanzen stets kontrolliert wird, aus mehrfachen Gründen mit den natürlichen Normaltonen nicht in die Schranken treten und führen vielmehr zu Abstraktionen ohne irgendwie gleichartige Grundlage. Die Schmelzerscheinungen der künstlichen Mischungen lassen sich, was nicht übersehen werden darf, mit denen der Tone nicht unmittelbar vergleichen. Muß doch, wie wiederholt betont, als notwendige Bedingung bei pyrometrischen Vergleichsermittelungen gelten, einen gleichen oder mindestens ähnlichen Anhalt in den Glüherscheinungen der sich gegenüberstehenden Versuchsobjekte vor Augen zu führen; je unähnlicher sich aber eine schmelzende Masse einem schmelzenden Tone gegenüber verhält, um so mehr wird ein sicherer Schluß, oder worauf es ankommt, das Einordnen erschwert. Bei künstlichen Mischungen, welche aus einem mechanischen Gemenge

1) Chemisches und pyrometrisches Resultat müssen stimmen, dem größeren F.Q. muß, abgesehen von kleinen Schwankungen, die höhere Schmelzbarkeit entsprechen.

2) Man vergl. unten die ausgeführten Prüfungen mit Hilfe der Normaltone und daran sich anschließenden pyrometrischen Sätze.

pulverisierter und in ihrer Beschaffenheit wechselnder Bestandteile bestehen, fehlt diese Ähnlichkeit.

Hier spielen die Einzelbestandteile oder erst sich bildende mehr oder weniger unfertige Verbindungen sowie verschiedene Umstände eine größere Rolle, die sich je nach dem Studium der sich unter der Einwirkung des Feuers bald rascher und bald langsamer abwickelnden Vorgänge verschiedenartig verhalten — was bei den natürlichen Tonen, wo bereits oder vorherrschend vorhandene Verbindungen vorliegen, nicht oder in viel geringerem Grade der Fall ist.[1])

Hierzu kommt, daß die Praxis sich überhaupt viel lieber an erfahrungsmäßige Resultate anlehnt, die dann mit Hilfe von Versuchen ihre wissenschaftliche Begründung erfahren müssen, als an Theorien, die Einwendungen zulassen. Geben auch die Normaltone, was vom streng wissenschaftlichen Standpunkte aus zu bemerken ist, keine absoluten Resultate, so liefern sie doch wegen der mannigfachen Vorzüge vor künstlichen Mischungen als pyrometrisches Vergleichsmittel in der Regel einen recht zufriedenstellenden und nicht selten einen völlig zutreffenden Anhalt.

Man hat der Aufstellung der Normaltone vorgeworfen: daß sie willkürlich gewählt und daß sie nicht allgemein zugänglich seien. Willkürlich oder beliebig sind die Normaltone nur insofern hingestellt, als sich an deren Stelle ebenso gut andere setzen lassen, was aber gerade als eine Bedingung für in der Tat praktische und den Umständen stets Rechnung tragende Normaltone zu bezeichnen ist. Wäre man nicht im stande, für die aufgestellten Normaltone andere kongruente Tone jeder Zeit zu setzen, so wären sie eben keine wirklichen Normen. Wie oben bereits gesagt, sollen damit ferner je nach den Umständen oder dem Erfordernisse, entsprechende Änderungen stetig vorbehalten bleiben. Eine sachliche Willkürlichkeit ist daher nicht zum Vorwurf zu machen, da, wie oben dargelegt wurde, die Normaltone alle pyrometrischen Stufen von dem höchsten Tone, den es überhaupt gibt, bis zu dem niedrigsten, der ebenfalls aus der Praxis herausgegriffen ist, umfassen.

Noch möge hier angeführt werden daß die beiden obersten vom Verfasser aufgestellten Normaltone, der Schieferton wie der Zettlitzer Kaolin, auch in der bekannten Segerschen Kegelskala als die obersten und in der Tat natürlichen, der Praxis entnommenen Glieder, unter Nr. 35 und 36 figurieren.

Was eine Unzugänglichkeit der Normaltone angeht, so widersprechen einem solchen Einwande die sich ergebenden tatsächlichen Verhältnisse. Gehen wir zu dem Zwecke, selbst auf die Gefahr hin weitläufig zu erscheinen, die Normaltone im einzelnen durch, und beginnen mit dem höchststehenden, dem der ersten Klasse. Das Material findet sich nicht nur in sehr ausgedehnter bis selbst bedeutender Ablagerung, sondern ist auch in sehr großer Gleichmäßigkeit zu erlangen in den böhmischen, schlesischen oder etwa auch rheinischen Kohlengruben, an den vielen verschiedenen Gewinnungspunkten, überall da wo, was die Konkurrenz erheischt, eine sorgsame Sortierung mit der nötigen Sachkenntnis vorgenommen wird. Befindet sich doch dieses Material, dessen fast ausschließliche Gewinnung in gebranntem Zustande[2]), wenn auch erst seit einigen

1) Man vergl. Tonindustrie-Ztg. 1896, Nr. 51.

2) Gibt man sich die Mühe, das dem gebrannten Material entsprechende rohe an Ort und Stelle zu sammeln, so kann man sich auch dieses höchsten Normaltones im ungebrannten Zustande bedienen.

Jahren, im Gange ist, in vielen Hunderten von Waggons als Handelsware alljährlich im Verkehr. Sucht man darunter nur die gleichartigsten Stücke[1]) heraus, so kann sich, wer nur will, sogar waggonweise, also in der ausgiebigsten Weise, das Material für den obersten Normalton verschaffen. Das von dem obersten Normalton Gesagte gilt auch von dem Zettlitzer Kaolin, dem Normalton der zweiten Klasse, der als ebenso vorzügliches wie gleichartiges Produkt gleichfalls waggonweise tagtäglich als Handelsartikel zu haben ist. Eine Auslese ist hier nicht vorzunehmen, sofern man sich an das feingeschlämmte Material hält. Wie groß die Gleichheit dieses Produktes ist, beweisen sowohl die so nahe stimmenden chemischen Analysen von verschiedenen Analytikern, welche mit der älteren des Verfassers sehr nahe übereinstimmen, sondern haben dies ebenso die häufigst wiederholten pyrometrischen Bestimmungen des Materials im Laufe von mehr als 24 Jahren stets zutreffend bestätigt. Von einer Unzugänglichkeit der Erlangung dieses Normaltones kann daher auch nicht im entferntesten die Rede sein.

Neu einzuschieben ist an dieser Stelle der Briesener Ton. Auch dieser in mächtiger Ablagerung auftretende Ton bildet einen bedeutenden Handelsartikel. Hält man sich hinsichtlich der Auswahl einer guten Durchschnittsvarietät an das vom Verfasser eingehendst untersuchte und bestimmt charakterisierte Material[2]), so steht hier einer ebenso reichlichen als unbeschränkten Materialbeschaffung nichts im Wege. Bezüglich des belgischen Tones, der nunmehr folgerichtig in eine tiefere vierte Klasse rückt, so ist hier freilich das Vorkommen der besten Varietät ein beschränkteres, doch ist sie immerhin in vielen Zentnern zur Hand, wenn man sich die Mühe nimmt, an Ort und Stelle der Fundstätte die bestimmte Lage aufzusuchen, welche das Material enthält und sich dieses beiseite werfen läßt. Geht man indeß noch weiter, so kann man statt des in der früheren Auflagen aufgestellten belgischen Tones sich mehrfacher Ersatztone für denselben in den verschiedenen bekannten Tonbecken bedienen, so z. B. des besten Westerwälder Tones, wozu der dortige Ebernhahner von erster Qualität zu rechnen ist.

Wir gelangen zu dem Normalton der fünften Klasse. Bei diesem, wie gesagt, in der Braunkohlenformation vorkommenden und ebenso wie diese bedeutend verbreitetem Tone fehlt es keineswegs an reichlichem Material, selbst wenn man sich ausschließlich an die durch die Untersuchung ermittelte beste Varietät hält. In jedem größeren Braunkohlenlager, wo sich überhaupt bessere feuerfeste Tone finden, sind nicht nur sehr ähnliche, sondern völlig identische Tone anzutreffen. So finden sich solche in Schlesien, Bayern, Böhmen, Mähren, Steiermark, Rußland, Amerika usw., welche bei der Prüfung zum Teil pyrometrisch vollkommen gleiche Glüherscheinungen aufweisen. Es ist allen diesen Tonen ein mehr oder weniger gleicher Typus eigen.

Der Normalton der sechsten Klasse findet sich, wenn auch nicht so häufig, in ähnlicher Weise unter den hinsichtlich der Schwerschmelzbarkeit eine Stufe tiefer stehenden Braunkohlentonen. Er bildet gewissermaßen den Übergang zu den ebenfalls unter den Braunkohlentonen wie auch sonst häufig vorkommen-

---

1) Hält man sich an die Auswahl der weissesten und reinsten Stücke, so werden auf diese Weise fast als Regel die geringern, d. h. die unreinen mit eingesprengtem Schwefelkies oder sonstigen Beimengungen zutreffend ausgeschieden. Handelt es sich um wissenschaftliche Bestimmungen, so ist die Reinheit durch die chemische Analyse festzustellen.

2) cf. Sprechsaal 1886, Nr. 14.

den geringsten hochfeuerfesten Tonen. Gerade für diesen untersten abschließenden und darum um so wichtigeren Grenzton kann sich daher Jedermann wie dies in der Praxis schon lange gebräuchlich, einen Ersatz ganz leicht verschaffen. In betreff einer beschränkten Zugänglichkeit dieses Normaltones ist daher gleichfalls keineswegs eine Befürchtung zu hegen, da sich allerwärts Ersatztone dafür einstellen lassen. Jedem Produzenten oder Konsumenten, der überhaupt mit feuerfesten Tonen zu tun hat, gehen solche Tone fortwährend durch die Hände, und wer sich gar mit der Untersuchung feuerfester Tone beschäftigt, stößt immerzu und am häufigsten auf dieses Material. Es dürfen daher für die Normaltone, welche fast alle einen bedeutenden Handelsartikel bilden, in betreff der Zugänglichkeit keine Worte mehr zu verlieren sein, und fehlt es auch gewiß nicht an Vorrat, der sich in den meisten Fällen geradezu als unerschöpflich bezeichnen läßt. Noch bemerke ich, daß, wie bisher jedem sich dafür Interessierenden und der mich darum angeht, kleine Mengen [1]) der Normaltone ausreichend für eine größere Anzahl von Versuchen, gegen geringe Auslagekosten stets zur Verfügung stehen, womit man sich nach Belieben, wie sich dies in der großen Praxis vielseitig eingeführt hat, unter anderen zu Gebote stehenden Tonen den Normaltonen entsprechendes Material herauszusuchen vermag. Wer überhaupt sich mit den Normaltonen einmal befaßt in pyrometrischer Beziehung, ist imstande, unter andern ihm durch die Hände gehenden Tonen, alsbald entsprechende und als Anhalt dienende Tone mit Leichtigkeit herauszufinden, was tätsächlich in bewährter Weise geschieht. Läßt sich doch endlich im allgemeinen zutreffend, wenn irgend ein Normalton nicht gerade zur Hand ist, statt desselben je ein Ton anwenden, der auf Grund der Berechnung aus der durchaus zuverlässigen chemischen Analyse einen gleichen oder sehr nahe gleichen Feuerfestigkeitsquotient gibt. Ein solcher Ton kann vielleicht in einzelnen Punkten andere Eigenschaften zeigen, doch muß in der Regel sein pyrometrisches Verhalten ein wesentlich gleiches sein.

2. Pyrometrische Ermittelungen.

Dieselben wurden zur umfassenden Kennzeichnung und Charakteristik der Normaltone in feuerfester Beziehung in verschiedenen Hitzegraden und unter mannigfaltigen Abänderungen angestellt. Es ist für jeden Normalton das pyrometrische Verhalten in eingehender Weise zu verfolgen, und sind die Glühungen nicht nur in höheren Hitzegraden, sondern auch in geringeren vorzunehmen. Besonders ist zu beachten, in welcher Temperatur jeder Ton sich noch ohne Deformierung hält. Im einzelnen sollen folgende bemerkenswerte Punkte zur Besprechung kommen: die Sinterung und das Schmelzen in den verschiedenen Stadien und Abhängigkeitsmomenten. Dabei sind die jeweiligen Umstände anzugeben, welche den Schmelzprozeß beeinflussen und die Glüherscheinungen abändern. Ferner soll noch dargelegt werden, wie die Normaltone durch bekannte Berührungsmittel beeinflußt werden und wird sich schließlich aus allen den verschiedenen Bestimmungen das Verhalten derselben untereinander von selbst ergeben.

Anzuführen ist hier der Einfluß der Korngröße auf die Schmelzbarkeit von Ton. Desfallsige Versuche wurden angestellt von dem bekannte Keramiker H. Ries, Professor an der Cornell Universität in Amerika [2]), welcher gleiche

1) Um das Typische jedes Normaltones zu erkennen, genügen wenige Gramm desselben.

2) „Engineering News“ 1903 S. 111.



Mengen Kaolin mit verschieden feinen wie gröberen Körnern Hornblende sowie Kalzit vermengte, daraus Stäbchen formte und dieselben, nachdem sie getrocknet, in steigender in Segerkegel ausgedrückter Temperatur glühte. Es ergab sich dabei, sowohl für die Hornblende wie den Kalzit, daß für beide Versuchsmaterialien die Stäbchen der feineren Mischungen sich eher krümmten oder schmolzen, wie die der gröberen. Bei dem Kalzit, welcher ein weniger starkes Flußmittel als die Hornblende ist, waren nur verhältnismäßig höhere Temperaturen erforderlich.

Treffend bemerkt dazu die Schriftleitung der Tonind.-Ztg. (1903 Nr 121), daß sich die von Ries angestellten Versuche nur auf die Korngröße der fremden Beimengungen und nicht auf die Korngröße der Tone selbst beziehen.

Sinterung. — Die Sinterung oder das bei den Tonen mit der Steigerung der Temperatur eintretende Erweichen, bildet ein interessantes und wichtiges Moment, welches aber, wie weiter folgt, durchaus nicht als ein beginnendes Schmelzen aufzufassen ist, sondern davon ganz bestimmt unterschieden werden muß. Das Erweichen stellt sich, wie wir wissen, im allgemeinen bei den tonerdereichen und den gerade pyrometrisch höher stehenden Tonen früher als bei den tonerdearmen oder kieselsäurereichen ein

Das Schmelzen. — Als ein, wenn auch nicht scharf begrenztes doch unterscheidbares, erstes Stadium des Beginns des Schmelzens stellt sich ein mit schmelzartiger Verdichtung der inneren Masse verknüpfter Zustand dar, welcher oft von einem auftretenden Schmelzanflug oder sich einfindenden geschmolzenen Punkten begleitet wird. Gegenüber dem bei den Tonen länger oder kürzer andauernden Schmelzprozesse, dürfte sich dafür ein Anhalt mit Hilfe vorgenommener Schwindungs- oder auch Verdichtungsbestimmungen in genauerer Weise, wenn auch nicht momentan gekennzeichnet, feststellen lassen. Für dieses, ohne eine oder nur unerhebliche Deformierung, eingetretene Schmelzen, dessen Kenntnis für die Praxis von hervorragendster Bedeutung ist, wäre es angezeigt, mittelst Metallpyrometer oder bei höheren Hitzegraden kalorimetrisch die Temperatur zu ermitteln, bei welcher ein vorher völlig getrockneter und abgemessener Tonstab statt weiteren Schwindens Konstanz oder eine geringe Volumenzunahme infolge von Aufblähung [1]) zeigt. Die Aufgabe der Wissenschaft würde es alsdann sein, dieses erste Eintreten des Aufblähens, welches auf die größte und etwa mit Hilfe spezifischer Gewichtsbestimmung festzustellende Verdichtung folgt, immer bestimmter und schärfer als einen festen Punkt innerhalb engster Grenzen festzulegen.

Als ein späteres Stadium des sich, wie gesagt faßt immer länger hinziehenden Schmelzens, welches entschieden auf der physikalischen Erscheinung der Überführung einzelner Stoffe der Tone aus dem festen in den flüssigen Zustand, sowie einer hinzutretenden chemischen, der Bildung neuer Verbindungen unter den Tonbestandteilen beruht, ist hinzustellen das mehr oder weniger eintretende Niederschmelzen.

Auch das Niederschmelzen [2]) der Tone und namentlich der feuerfesten

---

1) Es ist dieses Aufblähen nicht mit dem Wachsen, wie es bei quarzreichen Tonen vorkommt, zu verwechseln. Gibt es doch nicht wenig Tone, welche z. B. bei 1000° wachsen, dann bei 1100° schwinden und alsdann in höherer Temperatur aufquellen unter Bläschenbildung, also beide verschiedene Arten der Ausdehnung durchlaufen.

2) Bei dem Niederschmelzen darf nicht vergessen werden, daß dadurch überhaupt in pyrometrischer Hinsicht nur eine Seite ermittelt und anderen wich-

bildet nicht, wie wiederholt betont werden mag, einen einzigen rasch abgeschlossenen Akt, sondern durchläuft als vorherrschende Regel eine Reihe von den Umständen abhängiger und daher wechselnder Phasen, die jedoch mit bestimmten charakteristischen und daher besonders aufsuchenswerten Erscheinungen verknüpft sein können. Beim Niederschmelzen bleibt es ohne eine besonders vorgenommene Kontrolle immer unentschieden, wie weit eine Überhitzung stattfand oder das Schmelzen überschritten wurde.

Will man sich anschaulich machen, wie die Schmelzerscheinungen bei den Tonen stufenweise zu- oder abnehmen, so mische man von zwei im ganzen gleichmäßigen, vorherrschend reinen aber verschieden feuerfesten Tonen, den schwerer schmelzbaren mit einem leichter schmelzbaren in steigender oder verminderter Zusatzmenge, forme daraus Proben und glühe dieselben vergleichsweise in einem gleich hohen Hitzegrade. Beispielsweise wird so gefunden, daß sich die leichtere Schmelzbarkeit mehr in einer Emaillierung oder einem Abschmelzen äußert, als in einer Aufblähung. Bildet man etwa 10 Gemenge aus je 1 Teil geschlämmtem Zettlitzer Kaolin mit 0,1, 0,2 und so fort bis 1,0 eines Tones der fünften Klasse, also dem Grünstädter, so läßt sich die Art und Weise der Abnahme der Schmelzerscheinungen beobachten. Wird das Verhältnis umgekehrt und auf 1 Teil Ton 0,1 bis 1,0 Kaolin genommen, so läßt sich die Art und Weise der zunehmenden Schmelzerscheinungen verfolgen. Soll der Unterschied zwischen zwei nahestehenden, doch nicht gleichen Tonen a und b in ihrer Äußerungsweise augenscheinlich kenntlich gemacht werden, so menge man je 1 Teil Kaolin mit 0,1 bis 1,0 Teilen von Ton a und gleichzeitig ebenso 1 Teil Kaolin mit 0,1 bis 1,0 Teilen von Ton b und glühe alle diese Proben in gleicher hoher Temperatur usw., wobei sich die entsprechend maßgebenden Glüherscheinungen dem Beobachter gleichsam von selbst ergeben.

Anzuführen sind hier die mit dem Niederschmelzen des jetzigen niedrigsten Normaltons verknüpften sukzessiven Glüherscheinungen.

Wie oben angedeutet wurde, macht eine aus dem jetzigen niedrigsten Normalton geformte Zylinderprobe mit der stetigen Steigerung des Hitzegrades eine Reihe von Formänderungen wie Kegel-, Kugel-, Halbkugel- und Tropfenform durch bis zum völligen Zerfließen, welche entstehenden verschiedenen Körperformen imstande sind, innerhalb gewisser etwa bei 1700° C liegender und nicht bedeutend darüber hinaus gehender Temperaturgrenzen und bei Beachtung größter Gleichmäßigkeit der Ausführung, ein Maß für verschiedenartige, sowohl erreichte als bestimmt gekennzeichnete Glühgrade abzugeben und die nach den Versuchen des Verfassers einer in Minuten bestimmt ausdrückbaren Glühdauer entsprechen. So entsteht z. B. infolge des Schmelzens bei einer Glühdauer von ca. 9 Minuten[1]) aus dem Zylinder ein Kegel durch Abrundung von dessen Kanten, dann bildet sich bei eintretender Aufblähung die Kugel; sinkt hierauf in 10 Minuten die Kugel zusammen, so erscheint in etwa 11 Minuten die Halbkugel und so weiter der Tropfen, der endlich zerfließt, zuerst wulst-

---

tigen Anforderungen keine Rechnung getragen wird. Kommt es doch darauf an, das Versuchsobjekt und besonders den so eigenschaftsreichen Ton von allen möglichen Seiten im Feuer zu beleuchten. Man darf sich daher durchaus nicht verführen lassen zu der Annahme, mit dem Schmelzen Alles zur Bestimmung der Tone erreicht zu haben.

1) Wie oben angegeben, wird von dem Moment an, wo die Flamme in dem Deville'schen Ofen durchschlägt, die Zeit gerechnet, nachdem das Anheizen und das Ausfüllen des Ofenschachtes mit dem Brennmaterial vorausgegangen ist.



förmig und zuletzt sich völlig flach ausbreitend. Alle diese Formen und Änderungen treten so bestimmt gekennzeichnet und durch die Wirkung der gesteigerten Temperatur gewissermaßen, man kann wohl sagen geometrisch bedingt auf, daß sie ein subjektives Wähnen oder Schätzen ausschließen dürften. Etwaige Übergänge, welche anzunehmen sind, z, B. zwischen Kegel- und Kugelform, sind so rasch vorübergehend, daß dieselben allzu unbestimmt und daher belanglos erscheinen, wohl aber möchten die angeführten Formänderungen als Indikator für einen jeweiligen und stets wiederzufindenden Hitzegrad dienen können. Ähnliche Formänderungen, wenn auch nicht immer so bestimmt charakterisiert und rascher in einander übergehend, treten auch, wie erwähnt, bei pyrometrisch höherstehenden z. B. dem Normalton der fünften Klasse auf.

Was endlich das gänzliche Niederschmelzen oder das Zerfließen bis zur völligen Formlosigkeit angeht, so vermag diese so augenfällige und ganz im allgemeinen, besonders dem Laien imponierende Enderscheinung nur einen bestimmten Anhalt zur Ermittelung des absoluten Feuerfestigkeitsgrades abzugeben, wenn man dabei die erzielte Temperatur anzugeben imstande ist oder sich auf gewisse, genau präzisierte Schmelzerscheinungen von Fall zu Fall bei gleichmäßiger Behandlung stützt. Geschieht dies nicht, so ist das Niederschmelzen eines Tones je nach dem erreichten Stadium oder der Überschreitung der Erhitzung willkürlich deutbar.

Zu den pyrometrischen Bestimmungen gehört auch das Verhalten der Tone gegen die Berührungsmittel, vornehmlich die Ofenschlacke, was bereits oben eingehender besprochen wurde. Kommen bei der Glühung die Normaltone mit flüssiger Ofenschlacke in Berührung, welche aus der Asche der Koks entsteht[1], so wird selbstredend die Schwerschmelzbarkeit in merklicher Weise herabgedrückt. In einer nicht allzu hoch gesteigerten und vorhin näher bezeichneten Temperatur, in welcher eine Zylinderprobe der untersten Stufe der Normaltone (Klasse 7) sonst nur kugelförmig zusammenschmilzt, zerfließt dieselbe alsdann gänzlich, während unter denselben Umständen eine Zylinderprobe des Normaltones der fünften Klasse, der sonst die Form, wenn auch unter starker Hautbildung (Emailleüberzug) noch erhält, kugel- bis tropfenförmig schmilzt. Desgleichen war der Zettlitzer Normalkaolin, der sonst nur einen sehr geringen Hautüberzug zeigt und sich vollkommen erhält, bereits geschmolzen, doch nur so weit, daß sich die Form der Probe noch erkennen ließ. Es geht daraus die wenn auch selbstverständliche doch immer zu beachtende Lehre hervor, daß die Ofenschlacke die Schmelzbarkeit der Tone beträchtlich beeinflußt und das Untersuchungsresultat oder ein daran geknüpftes Maß herabsetzt. Eine Berührung mit Schlacke oder Schmelzmitteln ist somit bei den Feuerfestigkeitsbestimmungen auszuschließen. Es weist dies für Proben, welche dem offenen Feuer ausgesetzt werden, auf eine je nach den Umständen nicht zu vermeidende Unregelmäßigkeit der Schmelzerscheinungen hin.

Aus Vorstehendem ergibt sich eine Reihe von Aufstellungen, die bei jedem Normalton besonders angeführt und dann kurz oder nur in den Hauptpunkten zusammengefaßt in die nachfolgende Zusammenstellung übertragen werden sollen. Gehen wir zu den Glühermittelungen selbst über und zwar 1. den Bestimmungen der Rohtone in Rotglühhitze.

Anders verhalten sich die vorher gebrannten als die aus dem frischen

---

1) Zu den Versuchen dienten rein ausgesuchte Koks von Saarbrücker Gaskohle.

Tone hergestellten Proben, welche nicht uninteressante und zu beschreibende Glüherscheinungen untereinander aufweisen.

Werden nämlich die Normaltone vorher gebrannt bei ca. 1000° C, so erscheinen die daraus geformten Proben in der Prüfungshitze oder einer Temperatur, in welcher der niedrigste Normalton unter Deformierung, Änderung der Zylinderform in Kugelform geschmolzen ist [1]) im allgemeinen etwas, wenn auch sehr wenig schwerer schmelzbar, als wenn dieselben ungebrannt der gleichen Glühhitze ausgesetzt werden. Es würde dies mit der Erfahrung im Großen stimmen, daß durch das Schamottebrennen die pyrometrische Haltbarkeit erhöht wird. Vornehmlich ist indeß die durch das Brennen erzielte Verbesserung als eine mechanische Erscheinung aufzufassen, welcher eine Verdichtung und eine Verminderung des Schwindens zugrunde liegt.

Die weiteren Daten für die Normaltone in den bezeichneten verschiedenen Hitzegraden finden sich bei der nachfolgenden Besprechung jedes einzelnen Normaltones angegeben.

3. Untersuchung und Abhandlung der einzelnen Normaltone nebst Aufstellung der verschiedenen Daten.

Erste Klasse: Ton von Altwasser [2]). Typus des Schiefertons. — Allgemeiner Teil. — Derselbe repräsentiert diejenigen Tone, welche als die bis jetzt überhaupt vorhandenen besten in der Hüttentechnik gelten. Mit Hinblick auf die große Bedeutung, welche der Steinkohlenschieferton in der feuerfesten Industrie erlangt hat und auch gewiß noch lange Zeit behaupten dürfte, sollen hier dessen Auffindung wie Lagerungsverhältnisse eingehender besprochen werden.

Da nicht selten und anscheinend nicht unabsichtlich der Schieferton auch Tonschiefer benannt worden ist, so dürfte es hier angezeigt sein eine bestimmte Bezeichnung des Schiefertons, welche von Kosmann gegeben wurde, kurz anzuführen.

Unter Schieferton sind ausschließlich die tonigen, namentlich in Begleitung der Kohlenflötze auftretenden tonigschiefrigen Gesteine der Kohlenformation zu verstehen und zwar außer den Gesteinen der echten bis in das Rotliegende sich fortsetzenden Karbonformation — worum es sich in erster Linie für das als Normalton der ersten Klasse hingestellte Material handelt — auch diejenigen jüngerer Kohlen, wie des Lias, Wealden und der Molasse. Die Tonschiefer sind bekanntlich je nach geologischem Alter und tektonischer Stellung von sehr verschiedenem Habitus, demnach wird bei einiger Erfahrung und einmaliger Erfassung des Typus des Vorkommens eine Verwechslung zwischen Schieferton and Tonschiefer nicht vorkommen. Tonind. Ztg. 1876 No. 28.

Nach der von Fiebelkorn auf einheitlicher Grundlage ausgeführten verdienstvollen Arbeit [3]), welche Klarheit in die bisherige verwirrende Tonklassifikation zu bringen vermag, bildet der Schieferton ein Glied der Reihe der Ge-

1) Bei höherer Temperatur stellt sich wie bereits angedeutet auch für den höhern 30 proz. Normalton eine Umänderung der Zylinder- in eine Kegel-, Kugelform usw. ein, welche Glühform ebenso als Maß für eine bestimmte länger dauernde Glühzeit dienen kann.

2) Früher hatte sich derselbe in den Handel eingeführt unter dem Namen Ton von Saarau I, wobei der nähere Fundort nicht beachtet wurde.

3) Siehe die zitierte Schrift: „Die Tongesteine von Dr. Fiebelkorn."

steine Phyllit und Tonschiefer, wovon jener krystallinisch, dagegen dieser schiefrig von mattem und festem Bruch, sich weich und milde verhält. Beide gehören verschiedenen Formationen an. Einlagerungen wie Schwefelkies und wie bemerkenswert Kobaltbeschlag, die gleichzeitig mit dem Muttergestein zum Absatz kamen, finden sich mitunter in dem Schieferton.

a) und b) Der als Normalton I aufgestellte Schieferton, welches Material nach dem ersten Auffinden im deutschen Reiche durch den Verfasser in den Steinkohlengruben bei Saarbrücken im Jahre 1851, hierauf als zweites Vorkommen im Jahre 1861 in Niederschlesien und bald nachher als drittes Vorkommen in Böhmen als besonders hervorragend in feuerfester Beziehung nachgewiesen und in die betreffenden Fabriken nach und nach immer mehr massenweise eingeführt wurde, findet sich in dem sogenannten liegenden Flötzzuge des Waldenburger Steinkohlenbeckens auf der Grube Morgen- und Abendstern bei Altwasser, als eine der Kohle des zweiten Flötzes daselbst im Liegenden angewachsene Bank von durchschnittlich 10—12 cm Mächtigkeit, die sich bald verstärkt und stellenweise völlig verliert[1]) oder auch in zwei Teile spaltet. Das Schieferflötzchen ist meist homogen und dicht in seiner Masse. Das Gestein ist klüftig, vielfache Ablösungen aufweisend und zerfällt leicht und in eigentümlicher Weise namentlich an der Luft in kantige, rechteckige oft rhomboidale parallelepipedische Teile, welche an den Kanten hornartig durchscheinen und einen weißen, bei größerer Güte des Schiefertons um so zarteren Strich zeigen. Die Stückchen erweichen nicht in Wasser noch zerfallen sie zu einem feinen Schlamm. Das feinst zerriebene Schieferpulver ist jedoch mit Wasser angemacht knet- und formbar, doch kurz und nicht irgendwie plastisch, wodurch sich der Schieferton von dem nahe verwandten Kaolin unterscheidet. Zwischen Schiefer und Kaolin läßt sich die chemische wie pyrometrische Ähnlichkeit nachweisen[2]). Teilweise wird das Flötzchen ziemlich reichlich von Wurzelresten, aus deren Stämmen sich die Substanz des überlagernden Flötzes gebildet hat, durchsetzt, welche nach den Forschungen Kosmanns meist der *Stigmaria inaequalis* angehören[3]). Das geförderte Rohmaterial besteht aus derben, schiefrigen und steinharten Stücken von dunkelblauer Farbe mit stets weißem Strich. Der Bruch ist teils muschelig, leberartig. Beim Zerreiben knirscht der Schieferton nicht oder in kaum bemerkbarer Weise, und enthält derselbe außer der Kohle sporadisch Schwefelkies als Anflug oder in Nestern und vereinzelte silberweise Glimmerblättchen. Ein Übergang in sandigere Schichten kommt hier seltener vor, wenn auch im allgemeinen der Schieferton gleich den Steinkohlenflötzen im Verlaufe der Lagerung Änderungen in der Beschaffenheit[4]) zeigt, was sich abgesehen von genetischer Verschiedenheit daraus erklärt, daß eben die Schlämm- und Transportumstände nicht immer die gleichen waren.

---

1) Dermalen ist so das Vorkommen verschwunden und findet jetzt dort keine Gewinnung statt, bis, wie bereits bergmännisch ermittelt wurde, bei weiter fortgesetztem Kohlenabbau die Schiefertonbank in einer größeren Teufe wieder zum Vorschein kommt und dann wieder ausgebeutet werden kann.

2) cf. der Verf. „Das Schiefervorkommen in den Steinkohlenschichten Böhmens“, Österr. Ztschr. für Berg- und Hüttenwesen, 27. Jahrg. 1889.

3) cf. Kosmann, Über Schiefertone der Steinkohlenformation. Tonindustrie-Ztg. 1883, Nr. 51.

4) Dissertation von Heimann 1897 „Beiträge zur Kenntnis des Gabbrozuges bei Neurode mit spez. Berücksichtigung der daraus entstandenen feuerfesten Schiefertone.“

c) Technische Anwendung. Vevwendung finden die Tone der ersten Klasse, welche bei nicht zu schwachem Brande eine vorzügliche Schamotte liefern, für pyrotechnische Zwecke, namentlich in der Gußstahlfabrikation, zur Ausmauerung des Kernschachtes in Hochöfen, in der Glasfabrikation zur Darstellung reingehaltener, bester Schamottesteine usw. als vorzügliches Aufbesserungsmittel für weniger schwerschmelzbare Tone, wie überhaupt, wo es sich um die Erfüllung höher gesteigerter Anforderung handelt. In England wird der gebrannte Schieferton zu manchen auch weniger feuerfesten Verwendungen besonders geschätzt und ist derselbe daher in mehrfacher Hinsicht nicht genug der Beachtung zu empfehlen. Der schlesische und böhmische Schieferton, welcher meist im gebrannten Zustande verfrachtet wird, hat sich ein umfangreiches, bis an die Ostsee und den Rhein reichendes Absatzgebiet erworben. Das Förderquantum kann auf 500 Doppelwaggons und mehr veranschlagt werden.

d) Preis. Der in Rede stehende Altwasserton kostete loko per Waggon 150 Mark. Der gebrannte beste böhmische Schiefer ist zu haben per Waggon zu 100—150 Mark.

e) Zugehörige Tone. In diese oberste Klasse gehören diejenigen Tone, deren beste Varietät sich am strengflüssigsten oder überhaupt am indifferentesten in sehr hohen Hitzegraden verhält. Dieselben sind im Rohzustande fest, steinartig und wie gesagt nicht plastisch, fangen aber fein zerrieben an etwas bindend zu werden durch längeres Einweichen in Wasser. Sie zeigen schon an sich eine dichtere, spezifisch schwerere Masse und brennen sich meist im Feuer kompakter [1]). Hier kommt der höchste Platz den Tonen der älteren Steinkohle zu, wohin auf dem Kontinent der, wie erwähnt, bei Saarbrücken und in Niederschlesien auf einzelnen, sowie in Böhmen [2]) auf fast allen Kohlengruben sich findende Schieferton zu rechnen ist. Die beste Varietät des Schiefertons stellt sich, was schon hervorgehoben wurde, an den drei genannten Fundstellen fast völlig gleich. Bis jetzt ist dieser Schieferton aufgefunden worden in meist schmalen Flötzen im Steinkohlengebirge an der Saar bei Duttweiler, Neunkirchen und Wellesweiler, sowie in Schwalbach und Griesborn in den Kreisen Saarbrücken, Ottweiler und Saarlouis. Dann in verschiedenen Revieren des niederschlesischen Steinkohlenbeckens bei Altwasser, Waldenburg, Neurode usw. und dann in sämtlichen größeren Steinkohlenbecken Böhmens bei Kladno, Pilsen, Rakonitz und Liebau. Ferner ließ sich noch dasselbe wenn auch tieferstehende Material nachweisen in den Steinkohlengruben bei Döhlen unweit Dresden, sowie neuerdings in Rußland und anscheinend in Amerika.

Unter den früher vornehmlich renommierten schottischen Schiefertonen, welche sich durch größere Schwerschmelzbarkeit (in Schmiedeeisenschmelzhitze unglasiert bleibend) hervortun, ist als deren Repräsentant der Garnkirkton prima Sorte zu bezeichnen.

Auf ziemlich nahe gleicher Höhe stehen in feuerfester Hinsicht neben dem Garnkirkton der von Gartscherik und der von Cowen; dann folgt der von Wales I und der Derbyton.

Ihrem sonstigen Verhalten nach sind im ganzen ähnlich, doch stellten sich

1) Diese größere Körperfestigkeit, wie sie in der Praxis bezeichnet wird, ist eine schätzenswerte, die Widerstandsfähigkeit im Feuer zugleich erhöhende Zugabe. Ferner sehe man nachfolgenden Anhang.

2) Man vgl. d. Verf. cit. Abhandlung „Das Schiefervorkommen in den Steinkohlenschichten Böhmens."

pyrometrisch wesentlich tiefer die vorher sorgfältig zu sortierenden Tone von Stourbridge, sowie verschiedene auch unter anderem Namen vorkommende englische Tone von oft recht wechselnder Qualität [1]). Weiterhin sind hier zu nennen die in Schweden sich findenden, aber einer jüngeren Steinkohle, dem wagerechten Lias angehörigen und damit sich entschieden tiefer stellenden Schiefertone. Zu einer dortigen besten Varietät gehört der Schieferton von Höganäs [2]). Derselbe dürfte dem Rhät angehören und den deutschen Rhättonen entsprechen (vergleiche Kaul, Inaug. Dissert. Erlangen 1899). Ein Schiefer, vorkommend und benutzt bei Schramberg in Würtemberg ist ähnlich hochfeuerfest, andere Schiefer wie sie z. B. aus westfälischen Steinkohlengruben zu Ziegel verwendet werden, stehen pyrometrisch sehr bedeutend tiefer.

Noch ist anzuführen ein als Tonschiefer bezeichnetes Material vorkommend bei Lettowitz in Mähren (man vergleiche unten Briesener Ton), dessen beste Varietät eine mit dem Rakonitzer Schieferton ähnliche Zusammensetzung zeigt. (Hecht, Tonind.-Ztg. 1889, Nr. 26.)

Dem speziell über den Normalschieferton gesagten soll hier noch das für den Schieferton überhaupt Bemerkenswerte anhangsweise hinzugefügt werden.

4. Anhang.

Schieferton, Entstehungsweise des schiefrigen Gefüges.

Der Schieferton ist anzusehen als ein im Lauf von Millionen Jahren zu Stein erhärteter und dadurch unplastisch gewordener Ton. Was die eigentümliche Struktur des Schiefers angeht, wobei zu unterscheiden ist zwischen Schieferung nach der Schichtung und Transversalschieferung oder „falscher“ Schichtung und dessen steinähnlicher Festigkeit, womit derselbe die Eigenschaft Wasser aufzunehmen verloren hat und daher nicht oder nur wenn er, wie wir wiederholen, vorher sehr fein zerrieben und in Wasser längere Zeit eingeweicht worden, wenig plastisch ist, verdient noch etwas näher beschrieben zu werden. Unzweifelhaft ist, daß der Druck, welcher stets mit Wärmeentwickelung verbunden ist, den Übergang aus dem plastischen in den nicht plastischen Zustand und insbesondere Schieferbildung, wenn auch unter besonderen Umständen hervorruft. So wurde nach Hauenschild [3]) bei den Tertiärtonen längs der Axenstraße am Vierwaldstädter See jede Spur von Plastizität durch den ungeheuren Druck des Gotthardmassiv zerstört. Andere Umstände wirken aber hierbei, wie die Forschungen von Daubrée ergaben, mit. Daubrée fand bei seinen synthetischen Versuchen (Experimental-Geologie S. 316), daß, um in der Tat dem Tone eine schieferige Struktur zu geben, außer dem hohen Druck besondere Umstände mitwirken und zwar: 1. daß die Substanz gleiten und durch ein

---

1) Es betragen z. B. unter circa 12 von verschiedenen Chemikern analysierten Proben des Tones von Stourbridge die Schwankungen im Gehalte an Tonerde bis zu 9 und an Kieselsäure bis zu 10 Proz. Recht verschieden ist die Eisenmenge, welche von weniger als 1 bis 5 Proz. steigt.

2) Das strengflüssigste Material überhaupt gehört unter den pyrometrisch wesentlich verschiedenen Schichten einer mehr mittleren an; cf. der Verf. Dinglers Journal 167, S. 29. Ferner Stellung der schwedischen Schiefertone gegenüber dem Stourbridge Ton cf. der Verf. Tonindustrie-Ztg. 1879, Nr. 8.

Nach Cronquist kommen die vorzüglichsten feuerfesten Schiefertone in Schonen (Südschweden) bei Bjuf, Billesholm und Ljungsgard vor. (Thonind.-Ztg. 1875, Nr. 9.)

3) Töpfer- und Ziegler-Ztg. 1882, S. 3.

beginnendes Plätten sich verlängern kann; und 2. daß die komprimierte Masse einen besonders zutreffenden Grad von Feuchtigkeit besitzen müsse; denn zu trocken zerreißt sie und zu weich, verlängert sie sich, ohne Schieferblätter zu bilden. Bekannt ist, um ein Beispiel aus der Technik anzuführen, daß die mittelst Strang- oder Stempelpresse hergestellten sogenannten Maschinenziegel, nicht selten eine schiefrige Struktur zeigen. Schieferung tritt dann ein, wenn die Pressung so erfolgt, daß eine Entlüftung nicht stattfinden kann.

Nach der mikroskopischen Untersuchung von W. und S. Schmitz-Dumont (Tonind.-Ztg. 1894 Nr. 50) zeigte Saarbrücker Schieferton im Dünnschliff entweder eine homogene Grundmasse oder auch eine granophyrische Struktur. Darin finden sich regellos verstreut liegende Quarzbruchstücke von meist scharfkantigen Umrissen. Glimmer war nicht aufzufinden.

Nach Fiebelkorn (Baumaterialienkunde 1900, Heft 19. 20) bemerkt man unter dem Mikroskop im Schieferton neben fein zerriebenen und abgerundeten klastischen Gesteinselementen Mikrolithe von Hornblende, Schüppchen von Kaliglimmer, Klümpchen von Quarz, Blättchen von Eisenglanz und bräunliche oder grünliche Nädelchen unbestimmbarer Natur, die parallel der Schieferungsebene liegen.

Allgemeines über das Vorkommen des in Rede stehenden besten Schiefertones[1]. — Keineswegs ist derselbe in allen Steinkohlenbecken aufzufinden, sondern nur in gewissen und hier wieder trifft man ihn vereinzelt an, aber dann als regelmäßigen Begleiter und daher bestimmtes Leitgestein für gewisse Kohlenflötze. Meist bildet das Gestein das unmittelbar Liegende derselben, oder, wenn auch seltener, das eingelagerte Bergmittel, und zwar in einer oder mehreren Lagen oder auch seltener deren Hangendes. Unzweifelhaft ist das Vorhandensein dieses ebenso charakteristischen, als bevorzugten Schiefertons an besondere genetische Bedingungen geknüpft, das heißt, an im Bereiche der Kohlenablagerung vorkommende, feldspathaltige, krystallinische Gesteine als Ursprungsquelle, deren chemisches und physikalisches Verwitterungsprodukt, wie schon im ersten Kapitel angedeutet, unter ausnahmsweise günstigen, wie begünstigenden Umständen zum Absetzen kam.

Auch findet sich der bezeichnete Schieferton als selbständiges und mächtiges Tonflötz unter sonst gleichen Lagerungsbedingungen außerhalb der Kohlenflötzreihe, und zwar im Liegenden derselben.

Dieser auf der Rubengrube bei Neurode[2] zum Unterschied vom besten in unmittelbarer Berührung mit der Kohle befindlichen Lagenton, Flötzton genannte Schieferton, ist heller von Farbe, bricht in dicken Bänken, welche ein mehr oder weniger ungleichartiges verworrenes, von stellenweise überaus vielen Wurzelresten durchsetztes Gefüge aufweisen. Das Material wird gleichfalls nur

---

1) Der Verfasser: das cit. Schiefertonvorkommen in den Steinkohlenschichten Böhmens usw. (Österreichische Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen, 27. Jahrg. 1889.) Die Schiefertone in Böhmen waren vertreten, roh und gebrannt, in 83 Stufen, auf der Tonindustrie-Fachausstellung in der Kaiser-Jubiläumsausstellung in Wien 1898.

2) Bemerkenswert ist für den Schieferton der Steinkohlengrube Ruben, daß daselbst Pholerit vorkommt, der durch Nickel grün gefärbt ist. Außer dem Nickel finden sich ferner Kobaltblüte, Schwefelantimon, Haarkies, Kupferkies, Arsenikkies vor, auch enthält er Titansäure und Vanadin. Der Schieferton ist hier zum teil aus Gabbro entstanden, welcher im Liegenden des Flötzzuges auftritt und worauf die genannten metallischen Verbindungen zurückzuführen sind. (Verh. d. naturhist. Vereins zu Bonn. 1886. Erste Hälfte.)



in gebranntem Zustande versendet. Das Tonflötz, welches in seiner sehr großen Mächtigkeit von 3 m zu einer eigentlichen Massenförderung der überhaupt weit bedeutendsten Gewinnung von Schieferton (42000 Tonen pro Jahr)[1]) dient, enhält verschiedene Lagen, worunter die von gleichmäßigerem und dichterem Gefüge reiner sind und pyrometrisch höher stehen als die Hauptmasse des Flötzes, ja sie zeichnen sich mitunter durch einen bedeutend hervorragendem Tonerdegehalt aus. Eingesprengte Eisennester und Nestchen erscheinen als der Hauptfeind. Die bei dem Schieferton sich ergebende von dem Verfasser wiederholt konstatierte Regel, daß mit dem mächtigeren Auftreten desselben, sowie gleichzeitiger Entfernung aus dem unmittelbaren Bereiche eines Kohlenflötzes, die Qualität des Vorkommens in pyrometrischer Beziehung stets leidet, findet auch hier ihre Bestätigung. Der Flötzschieferton ist, abgesehen von den bezeichneten günstigeren Lagen im Ganzen geringwertiger und weniger schwerschmelzbar als der Lagenschieferton.

Vorzug des Schiefertones. — Die besten Steinkohlenschiefertone bilden unter sämtlichen bekannten Tonen hinsichtlich ihrer höchsten Feuerbeständigkeit und ihrer Verwendung als Schamottematerial auf Grund ihrer ausgezeichneten chemischen wie physikalischen Beschaffenheit ein einzig dastehendes Vorkommen. Sie haben, wie im 1. Kapitel näher dargelegt wurde, infolge ihres nach Millionen Jahren zählenden Alters und der damit in Zusammenhang stehenden erschöpfenden Zersetzung und Umlagerung der Stoffe und zugleich den weitgehendsten und vollendetsten Verwitterungsprozessen, wobei die Kohle bezw. Pflanzenreste eine Rolle mitspielten[2]) und wozu der ungeheure Druck der überlagernden Schichten als Verdichtungsmittel kam, in betreff ihrer Widerstandsfähigkeit im Feuer die allergünstigsten Veränderungen erfahren.

Bezüglich der analytischen und der pyrometrischen Untersuchung sei hier auf die weiter unten folgende Zusammenstellung verwiesen, was auch für die übrigen Normaltone gilt, sofern nicht weitere Bemerkungen eine besondere Behandlung verlangen.

Das Material zur Untersuchung für den Repräsentanten der ersten Klasse wurde aus einem Quantum von einigen hundert bereits zu kleineren Stücken zerfallenen Kilogramm des Rohtones besonders ausgesucht und entpricht wohl überhaupt dem reinsten und besten derartigem Vorkommen. Zu den Probestücken wurde eine eigentümliche linsenförmig sich absondernde Masse von sehr feinem, zarten Korn, tief dunkler Färbung wie recht gleichmäßigem Ansehen ausgelesen. Unreinigkeiten oder fremde Beimengungen waren keine oder höchst selten zu bemerken.

Zweite Klasse: Kaolin von Zettlitz. — Die Klasse II bezeichnet vornehmlich die ursprünglichen Kaoline und zwar die reinsten und vorzüglichsten in feuerfester Beziehung, welche aber dennoch eine pyrometrisch tiefere, d. h. in sehr hohem Hitzegrade leichter schmelzbare Gruppe als die vorhergehende Klasse darstellen. Sind die Tone der ersten Klasse sehr wenig

---

1) Die Gewinnung daselbst ist seit Vereinigung der den Familien der Grafen Magnis und Grafen Pilati gehörigen Kohlengruben auf 1½ Millionen Zentner gestiegen. Töpfer-Zeitung Leipzig, 1898 Nr. 9.
2) cf. Kaul, cit. Inaug.-Dissertat.
3) Man s. weiter die cit. Abhandlung des Verf.

bindend, so gehören auch diese zu den wenig bis mäßig bindenden, welche mehr magere Beschaffenheit bei allen Tonen gefunden wird, die man auf der Fundstätte in mehr trocknem Zustande antrifft.

Als Repräsentant unter den vielen altbekannten und berühmten übrigens bemerkenswert verschiedenen Kaolinen[1]) ist die geschlämmte Porzellanerde von Zettlitz ausgewählt.

a) Vorkommen. Die Gruben des Rohkaolins befinden sich bei dem Dorfe Zettlitz, 4 km in nördlicher Richtung von Karlsbald in Böhmen entfernt. In der Nähe der Gruben geschlämmt, liefert das Rohmaterial drei Produkte: 1. gröbern Quarzsand, worin sich, was bemerkenswert, häufig größere und kleinere krystallinische Schwefelkiesbrocken vorfinden; 2. feineren Quarzstaubsand, welcher sich später nebst den beigemengten Quarzlamellen absetzt, und 3. die feinste Erde, wie sie in den Handel kommt und in der Porzellanfabrikation verwendet wird. Dieses Schlämmprodukt des Zettlitzer Kaolins zeichnet sich, wie erwähnt, im allgemeinen durch eine sehr große Gleichheit der Beschaffenheit aus, wie die recht nahe stimmenden Analysen von verschiedenen Analytikern und ebenso die pyrometrischen Bestimmungen ergeben. Bei genauer Untersuchung lassen sich indeß kleine Unterschiede namentlich in pyrometrischer Hinsicht nicht verkennen. So zeigen z. B. die vornehmlich aus früherer Zeit stammenden mehr grauen Schlämmprodukte bei stärkerem Glühen häufiger Pöckchen, welche von Feldspat herrühren, als die jetzt in den Handel kommenden geschlämmten Kaoline.

Bezüglich der Entstehung dieses Kaolinvorkommens sei auf Kap. I verwiesen.

b) Mineralogische Beschreibung. Der Rohkaolin besteht lufttrocken aus einer grauweißen, sich rauh anfühlenden, doch den zartesten fettigen Staub an den Fingern hinterlassenden Masse. In derselben lassen sich rundliche, weit vorrherschend kleinere Quarzkörnchen bis höchstens zur Größe eines Pfefferkorns, Glimmerblättchen und einzelne kohligschwarz gefärbte Stellen bemerken. In den mir vorliegenden größeren Klumpen ist nirgends auch nur die geringste Eisenfärbung wahrzunehmen. Die durch Schlämmung von dem gröberen und feinsten Sande, wie vom Glimmer bis auf kaum bemerkbare andere Teile befreite Porzellanerde bildet, wie sie in den Handel kommt, fest zusammengetrocknete, sehr homogene tafelförmige Stücke. Der Bruch erscheint erdig, wenig fest, teils muschelig. Die Stücke schneiden sich glatt und mit leise fettig glänzender Schnittfläche. Die Masse knirscht beim Zerreiben kaum fühlbar. Das Pulver, welches einen Stich ins Bräunlichgraue zeigt, verhält sich verhältnismäßig gut bindend, klebend (brotteigartig) und sich beim Kneten unter Rissigkeit rasch ansteifend; zerfällt in Wasser mit singendem Zischen.

Das Bindevermögen ist = 3.[2]) Schwärzt sich gelinde beim Glühen über der Lampe und wird dann fast rein weiß.

c) Technische Anwendung. Der geschlämmte Kaolin dient hauptsächlich zur Porzellanbereitung. Ein guter Kaolin muß, beiläufig bemerkt zu

1) Die geringern, namentlich die Rohkaoline oder unreinen Kaoline, nehmen eine pyrometrisch wesentlich, oft bedeutend tiefere Stelle ein. Ein recht hoher Platz gebührt dagegen einem zu Znaim sich findenden Kaolin, wie er für sich vorkommt. (S. d. Verf. Untersuchung von zwei zu Znaim vorkommenden Kaolinen, Dingler's Journal 224, S. 434.)

2) Das Bindevermögen wurde wie oben eingehender dargelegt worden, mittelst Abstaubens der mit Sand versetzten Proben und zwar mit bewegtem Pinsel ermittelt.

dem Zwecke sich völlig oder nahezu milchweiß brennen und möglichst plastisch sein, Eigenschaften, welche dem vorliegenden Material in hohem Maße zukommen [1]).

Für feuerfeste Fabrikate, wo es sich um höhere Anforderungen handelt, ist der Kaolin besonders zu beachten. Verschiedene Kaoline werden insbesondere als vorzügliches Magerungsmittel schwerschmelzbarer Tongemische, der Rohkaolin als Kapselmasse wie zum Ausschmieren von Kupolöfen usw. verwendet. Ein bedeutend kieselsäurereicher Fluß, wie z. B. geschmolzener Quarzsand greift indeß, wie oben erwähnt und was zu beachten ist, den Kaolin in hoher Temperatur stark an. Auch sind technische Schwierigkeiten, die der Kaolin namentlich hinsichtlich seines bedeutenden Schwindens bietet, durch eine zweckdienliche Behandlung zu überwinden.

d) Preis. Der Preis für die in mäßigem Umfange gewonnene geschlämmte Porzellanerde ist pro Waggon rund 300 fl. österr. Währung.

e) Zugehörige Tone. Es gehören, wie schon angedeutet, in diese zweite Klasse in erster Linie alle die reinern geschlämmten Kaoline; denn die mehr unreinen zeigen eine nicht wenig wechselnde und selbst eine recht geringe Schwerschmelzbarkeit.[2]) Als natürliches Schlämmprodukt kommt der Kaolin beschränkt und überhaupt selten vor, so in dem erwähnten Vorkommen bei Znaim in Mähren[3]).

Ich führe einige der ersteren an: der älteste bekannte und jetzt nur noch wenig gewonnene Kaolin ist der von Aue bei Schneeberg in Sachsen, welcher pyrometrisch den Normalkaolin noch teilweise übertrifft. Hinsichtlich der Schwerschmelzbarkeit ist mit letzterem gleich zu setzen der aus Quarzporphyr entstandene Kaolin von Sornzig bei Oschatz in Sachsen wie der von St. Austell in England. Im Handel ist dieser Kaolin bekannt unter dem Namen China-clay.

In eine zweite und selbst bedeutend tiefere Linie kommen die Kaoline von St. Yrieux bei Limoges, der von Seilitz bei Meißen und andern Orten in Sachsen, der von Pilsen und sonstigen Punkten in Böhmen sowie der Hallesche Kaolin, die bayerischen, schlesischen Kaoline und der aus der Bretagne usw.

Lassen wir nunmehr für den Altwasser Schieferton wie den Zettlitzer Kaolin die pyrometrischen Daten zusammengestellt folgen. Dieselben wurden stets aus wenigstens zwei übereinstimmenden Glühungen abgeleitet.

Pyrometrische Ermittelungen.

Altwasser Schieferton ungebrannt.	**Zettlitzer Kaolin geschlämmt.**
In dunkler bis heller Rotglühehitze.	
brennt sich in Rohstücken in der Regel weiß bis blendend weiß [4]), fest und schwer.	weiß, mürbe.

1) Ferner wird, was hier nur nebenbei angeführt werden mag, der Kaolin verwendet in Papierfabriken, in Spinnereien zum Grundieren von Baumwollenwaren, zu Ultramarin, vergoldeten Gesimsen, als Aufhellungsmittel zum Weißbrennen usw.

2) cf. Wertstellung verschiedener Kaoline vom Verfasser; Dinglers Journ. 198, S. 396 u. folg. Strele S. 5 in seinem reichhaltigen Buche über Porzellanfabrikation gibt neben den Kaolinen wegen mancher Ähnlichkeiten noch die Kollyrite und den Kimolit an.

3) cf. der Verf. oben zit. österr. Zeitschrift.

4) Es kommen auch Stücke vor, die sich gelblich, elfenbeinartig brennen.

Altwasser Schieferton ungebrannt.	Zettlitzer Kaolin geschlämmt.
In ca. 1000° C (Silberschmelzhitze) bei länger andauernder Erhitzung.	
Eine Probe aus dem Pulver geformt, brennt sich fast weiß mit bläulichem Stich. Bruch erdig, mürbe, weiß bis elfenbeinfarben und saugend.	reinweiß, punktfrei. Bruch erdig stark saugend.
In ca 1500° C (Palladiumschmelzhitze) bei rascher Erhitzung in reduzierender Atmosphäre. 3 Minuten Glühzeit.	
weiß, ölig. Bruch saugend[1]). Glühverlust der bei 100° C getrockneten Probe im Mittel von 3 Versuchen 14,42 Proz.	weiß mit schwärzlich blauem Schein und einzelnen feinsten schwarzen Pünktchen. Bruch porzellanartig dicht, glänzend. Glühverlust im Mittel von 3 Versuchen 14,87.
In ca. 1600° C (Nickelschmelzhitze) ebenfalls rasch, 4 Min. lang, geglüht.	
Glühverlust gleich geblieben. Es war also kein Wasser mehr vorhanden und doch zeigte sich noch ein geringes Schwinden.	bläulichweiß, punktfrei, mit schwacher matter Haut. Bruch porzellanartig dicht, schwach glänzend. Beginnt sich aufzublähen.
In einer Temperatur, in welcher eine geformte Zylinderprobe des niedrigsten Normaltons tropfenförmig bis sich ausbreitend geschmolzen.	
ist noch völlig scharfkantig erhalten, kaum eine Haut zeigend. Bruch leise porzellanartig, dicht.	erhalten mit weißer Haut, in welcher einzelne Pöckchen zu bemerken sind. Bruch porzellanartig, recht dicht, durchscheinend.
In einer Temperatur von 24 bis 25 Minuten Glühzeit.	
erhalten ohne Haut mit nicht glänzendem Bruche und ohne Löcher; die Rohstücke zeigen einen ganz leisen Hautüberzug und feinporigen Bruch.	erhalten mit schwachem doch deutlichem Hautüberzug, aber glänzendem und löcherigem Bruche, welche Merkmale augenscheinlich einen Unterschied zwischen beiden Tonen erkennen lassen.

In annähernder aber nicht erreichter Platinschmelzhitze.

Beide Normaltone haben die Form noch erhalten.

Rohton ausgesucht.	gebrannt.	Zettlitzer Kaolin.
Form noch erhalten mit kaum glänzendem Hautüberzug. Bruch feinlöcherig (Folge der weggebrannten Kohle).	desgleichen Bruch dicht, ölig u. kaum löcherig.	erhalten aber mit starker und glänzender Haut, die wenig abgeflossen. Bruch dichter porzellanartig mit einzelnen Bläschen.

1) Der Kohlengehalt macht sich dabei geltend.

In kontrollierter und genau genommen etwas überschrittener Platinschmelzhitze. (Ein Platindraht war in gut verschlossener Tonerdekapsel zu einer hämmerbaren Kugel geschmolzen.)

Form noch erhalten, doch war die Probe etwas abgeflossen, und zeigten sich äußerlich einzelne Pocken. Bruch verdichtet [1]).	Form im Ganzen noch erhalten, ist aber dick geworden und ein weißes Email breiartig abgeflossen. Bruch teils dicht, teils mit Löchern.

Eigenartiges und Charakteristisches.

Charakteristisch ist für beide vorstehende Tone das meist völlige Weißbrennen, abgesehen von einem Stich ins gelbliche, rötliche, bräunliche usw., den gewisse Kaoline sogar als eigentümlich aufweisen. Bei 1000° brennen sich dieselben mit erdigem Bruch, bei 1500° sich verdichtend, bei 1600° findet ein Glühverlust nicht mehr statt. Bei höherer und fortgesetzter Steigerung der Temperatur brennen sich die Tone porzellanartig.

Die pyrometrische Verschiedenartigkeit beider Tone beginnt sich zu zeigen bei 1500° und tritt bei höherem Steigen der Temperatur um so mehr hervor.

Der Schieferton erscheint entschieden schwerer schmelzbar wie der Kaolin. Bei dem Rohschiefer beeinflußt die weggebrannte Kohle in ungünstiger Weise die pyrometrischen Erscheinungen, was in der höchst gesteigerten Temperatur deutlich bemerkbar ist.

Der oberste Normalton hält konstatierte Platinschmelzhitze aus ohne sich zu deformieren, während der (nächstfolgende) Zettlitzer Kaolin eine Aufblähung zeigt und wesentlich stärker abfließt. Die Mischung zwischen beiden erweist sich als schmelzbarer und noch mehr wenn sie, dem offenen Feuer ausgesetzt, mit der Ofenschlacke in Berührung kommt.

Das Schmelzen dieser beiden obersten Normaltone kann ein Maß dafür abgeben, ob wirkliche Platinschmelzhitze erzielt wurde. Ist der Kaolin geschmolzen unter Änderung der Form, so ist dieser sehr hohe Hitzegrad erreicht worden; sind beide beziehungsweise geschmolzen, so ist Platinschmelzhitze unzweifelhaft überschritten worden.

Mit der erreichten Schmelzhitze des reinen und so erhaltenen Platins wird die Grenze der Haltbarkeit des bezeichneten Tiegels aus bestem Schieferton wie Kaolin erreicht. Wie man sich dann helfen kann, findet sich oben in dem Abschnitte „Platinschmelzhitze" angegeben.

Dritte Klasse. Briesener Ton. Allgemeines. Wegen seiner pyrometrischen Stellung, wie der teilweisen Ähnlichkeit mit den Kaolinen möge hier, wie bereits oben angedeutet wurde, dieser erst in neuerer Zeit bekannt gewordene Ton aufgenommen und beschrieben werden, der zu den ausgezeichnet schwerschmelzbaren gehört. Der Ton ist als ein sedimentärer, wenn auch veränderter Kaolin mit einem recht hohen Tonerdegehalte anzusehen. Des Material bildet hinsichlich der Plastizität gleichsam den Übergang zwischen den kaum oder wenig bildsamen der beiden ersten Gruppen und den nachfolgenden reichlich bis höchst bindenden, den eigentlich plastischen Tonen.

a) Vorkommen. Das Lager des Tones findet sich zwischen mächtigen

1) Wendet man statt des ungebrannten Schiefertons den vorher gebrannten an, so tritt die größere Schwerschmelzbarkeit des besten Schiefertons gegenüber dem Zettlitzer Kaolin um so deutlicher hervor.

Sandsteinbänken der Kreideformation in ausgedehnten Gruben[1] in einer Mächtigkeit von 3 bis 5 m in der Gegend des Dorfes Briesen, im Bezirke Trübau in Mähren. Derselbe bricht in mächtigen steinartigen Schollen, die hart, dicht und spezifisch schwer sind, welche mit Meisel und Schlägel losgehauen werden. Mit Wasser übergossen zerfallen sie mit eigentümlichem Knistern und werden allmählich merklich bildsam.

b) Mineralogische Beschreibung. — Der Ton[2] ist von hellblauer Farbe mit mehr oder weniger dunklen Schattierungen. Das hellblaue Material stellt sich gemäß der chemischen Analyse wie der pyrometrischen Prüfung höher wie das dunkelblaue. Schneidet sich glatt und mit seidenglänzender Schnittfläche. Der Bruch zeigt geglättete Eindrücke, selten Glimmerblättchen und eine muschelige Absonderung. Der reinste, äußerst sand- wie feldspatreine Ton knirscht beim Zerreiben unfühlbar. Das Pulver verhält sich in Wasser erweicht und nachdem es darin längere Zeit verweilt, ziemlich bindend, klebend und sich ansteifend. Formt sich voluminös und verhält sich lufttrocken etwas mürbe. Das Bindevermögen ist (s. oben) mittelst Sandzusatz und Abstaubens bestimmt = 8—9 (neu).

c) Technische Anwendung. — Außer der bewährten Benutzung namentlich zu Glashäfen, Zinkmuffeln und Kapseln wird das Material überall da mit Vorzug verwendet, wo größere Anforderungen in betreff hoher Schwerschmelzbarkeit bei indessen mäßiger Bildsamkeit gestellt werden. Auch wird der Ton mit Vorzug zur Herstellung eisenfreier Aluminiumsalze benutzt.

d) Preis. — Derselbe stellt sich für den Doppelwaggon (10,000 kg) je nach der Qualität auf 90 bis 190 Mark loco Station Lettowitz. Der Absatz ist ein sehr bedeutender.

e) Zugehörige Tone. — Zu diesem Repräsentanten der steinartigen und doch einigermaßen bindenden Tone, welche zu den eigenartigen und überhaupt selteneren Vorkommnissen gehören, sind zu zählen hinsichtlich der Lagerung wie Zusammensetzung nahekommende, meist etwas tonerdeärmere und kieselsäurereichere, wie sie in der Nähe von Briesen, bei Johnsdorf, Korbel-Lhotta, Groß-Oppatowitz und Pamietitz[3] sich finden; ferner ähnliche Tone, welche in Böhmen, in den Fürst Schwarzenberg'schen Gruben bei Frauenberg und den Fürst Salmschen bei Blansko in Mähren, sowie Flöhau in Steiermark[4], gewonnen werden.[5]

B. Chemische Analyse und F.-Q. — Für den aufgestellten Normalton wurde, was hier eingehend besprochen werden soll, folgender chemische Bestand gefunden und diente dabei als Material eine Durchschnittsprobe, welche einem Waggon des Tones entnommen wurde, der als Material erster Klasse im Handel bezeichnet war. Der Verfasser hatte Gelegenheit, diese handelsmäßig

---

1) Nach v. Bück ist der Ton aus dem Rudolfschacht Marke R im Streichen durch 6 Schächte und einem Stollen mit einer durchschnittlichen Mächtigkeit von 5 m aufgeschlossen, so daß das Vorkommen als ein unerschöpfliches für einen langen Zeitraum bezeichnet werden kann.

2) cf. Notizbl. 1886, S. 126. — Originalabhandl. Sprechsaal 1885, No. 31 u. 1886, No. 14.

3) Man s. umfassende Untersuchungen von Hecht (Tonindustrie-Ztg. 1891, No. 25—27).

4) L. R. Schütz in Cilli (Steiermark) ist Lieferant dieses in Zinkhütten besonders geschätzten Tones.

5) Der Verf.: die feuerfesten Tone usw. auf der Wiener Weltausstellung, Dinglers Journal 1873, S. 105 u. f.)

nicht höher erreichte} Qualität auf Grund häufiger Probenahme und pyrometrischer Bestimmungen für eine bedeutende Schamottefabrik festzustellen. Ausschließlich die hellste und beste Varietät ist in größerer Menge mit Sicherheit nicht zu beschaffen. Diese Sorte ist mit den dunklern aufs engste verwachsen und geht allzu unvermerkt in diese über, um eine scharfe Sonderung zur Beschaffung im großen bewerkstelligen zu können.

39,25	Proz.	Tonerde
44,76	„	Kieselsäure
0,36	„	Magnesia
0,26	„	Kalk
0,48	„	Eisenoxyd
1,55	„	Kali
13,41	„	Glühverlust
100,07		

$$10{,}57\ (Al_2O_3 - 1{,}31\ SiO_2) + RO$$

F.-Q. = 8,06 = 57,78 Proz., rund 60 Proz., wenn man die für den Normalton erster Klasse berechnete Feuerfestigkeitszahl = 100 setzt.

Die Analyse der von dem Verfasser mit Hilfe einer Lupe aus einer größeren Anzahl von Stücken sorgfältigst ausgesuchten hellsten Sorte ergab folgenden chemischen Bestand:

39,93	Proz.	Tonerde
44,88	„	Kieselsäure
0,08	„	Magnesia
0,21	„	Kalk
0,99	„	Eisenoxyd
0,52	„	Kali
13,03	„	Glühverlust
99,64.		

Nach Analyse der Berliner Versuchsstation ist, wie schon angedeutet, beigemengter Quarz und Feldspat in dem Briesener Ton fast nicht mehr nachzuweisen.

Was die Schwankungen in der Zusammensetzung des Briesener Tons angeht, so betragen dieselben:

	Minimum	Maximum
Tonerde . . .	38,64 Proz.	39,93 Proz.
Kieselsäure . .	44,63 „	44,95 „
Flußmittel . . .	1,80 „	3,23 „

C. Pyrometrische Bestimmungen. In zirka 1000°. Brennt sich weiß mit Stich ins Unreine, punktfrei. Bruch erdig und stark saugend.

Von der Angabe der Schwindung der Normaltone (dritte bis siebente Klasse) in verschiedenen Hitzegraden wurde vorbehaltlich späterer eingehender Behandlung für jetzt abgesehen. Die bisherigen Schwindungsbestimmungen, welche abhängig sind von einem möglichst festen Ausgangspunkte, wie außer der Höhe der Temperatur von der Glühdauer überhaupt, wozu noch andere mitwirkende Faktoren kommen, geben stets mehr oder weniger schwankende Daten.

In zirka 1500° C. Geglüht die bereits bis 1000° C erhitzte Probe in Form eines längeren Zylinders: Brennt sich blaugrau mit Stich ins Dunkle und

wenigen schwarzen Pünktchen, pockenfrei. Bruch völlig verdichtet und lebhaft glänzend, steinzeugartig.

In zirka 1600° ebenso geglüht: Brennt sich hellblaugrau mit feinen schwarzen Pünktchen übersät und schwachem, mattem Hautüberzug. Bruch steinartig, nicht glänzend. Ist noch geschwunden und zeigt kein Aufblähen.

In einer Temperatur, in welcher der niedrigste Normalton zerflossen sich völlig ausbreitend — ist die mit schwach glänzender Haut umgebene Probe etwas aufgebläht, dick geworden. Der Bruch zeigt einige Löcher. Ein Schmelzen ist entschieden eingetreten [1]).

In 25 Minuten Glühzeit. Die Zylinderprobe ist faßförmig aufgebläht und zeigt einen gelblichgrauen Hautüberzug. Der Bruch erscheint feinblasig.

In 30 Minuten Glühzeit — verhält sich ähnlich, nur treten die bezeichneten Glüherscheinungen noch stärker auf, und beginnt die Probe abzufließen.

In erreichter oder, wie gesagt, vielmehr ein wenig überschrittener Platinschmelzhitze [2]) — ist tropfenförmig zusammengeschmolzen, außen mit blauer Haut und innen blasig.

Vierte Klasse: Ton von Ebernhahn, ausgesucht beste Qualität[3]). — Eine tiefere Stufe nehmen die fettesten höchst bildsamen Tone, welche wir überhaupt kennen ein.

a) Vorkommen. Wie bekannt stammt der Ton aus dem hessischnassauischen Becken und kommt auf dem Westerwald und zwar bei Ebernhahn vor.

b) Mineralische Beschreibung. Der Ton ist von fast weißer Farbe, an der Luft bräunlich anlaufend. Das Pulver verhält sich mit Wasser angemacht ziemlich fett und reichlich bindend.

c) Technische Anwendung. Für recht hochfeuerfeste und sonstige besonders ausgesuchte keramische Zwecke. Analyse und Feuerfestigkeitsquotient siehe Tabelle Seite 168/69.

Fünfte Klasse: Ton von Grünstadt in der Pfalz. —

a) Vorkommen. Die Fundstätte dieses Tones befindet sich bei Hettenleidelheim, 6 km südwestlich von Grünstadt in der Rheinpfalz. — Das Vorkommen kann wohl als Jungtertiär betrachtet werden. Der Ton scheint hier, was jedoch nicht erwiesen, ein Zersetzungsprodukt von Porphyrmandelstein zu sein, welcher den nur wenige Stunden entfernten Gebirgszug des Donnersbergs größtenteils bildet. Das Tonlager tritt 10—25 m tiefer unter der Oberfläche auf. Die Mächtigkeit des brauchbaren feuerfesten Tones wechselt zwischen 2—4 m, wovon jedoch die 1—2 m starke mittlere Schicht die tonreichste, fetteste und reinste ist, während die obere und untere an Reinheit und Tongehalt

---

1) Dagegen hat sich eine Probe des Zettlitzer Kaolins noch vollkommen gehalten und erscheint der Bruch nur porzellanartig und dicht. Nach Bestimmungen von Hecht (Tonindustrie-Ztg. 1891, 25—27) mit Hülfe der Segerschen Schmelzkegel steht der Briesener Ton in seinen verschiedenen Sorten bald etwas höher, bald gleich und bald tiefer wie Kegel 35 (Zettlitzer Kaolin). Nach den vorliegenden Bestimmungen war eine höhere oder auch gleiche Stellung des selbst besten Briesener Tones mit dem Zettlitzer Kaolin nicht nachzuweisen.

2) Der in einer Tonerdekapsel völlig eingeschlossene Platindraht war zu einem duktilen Kügelchen geschmolzen.

3) Statt des belgischen Tones, Klasse IV, dessen Qualität sich als eine wechselnde, besonders je nach dem verschiedenen Sandgehalt, herausgestellt hat, wodurch eine sicher zutreffende Auswahl erschwert wird, schieben wir diesen Ton wegen der größeren Gleichmäßigkeit und Reinheit ein.

nachstehen. — Enthält mitunter Schwefelkiesknötchen. Der Ton wird bereits in der Grube vermittelst einer Art Axt in za. zentnerschwere, längliche, viereckige Stücke gehauen und kommt so in den Handel. Gefördert wird der Ton durch Kammernbau, wie oben näher beschrieben wurde. Die Produktion ist eine sehr bedeutende und erreicht die Höhe von zwei Millionen Zentner per Jahr. Außerdem finden sich bekanntlich in dem dortigen Tonbecken auch Kaoline, welche bei Lautersheim in bedeutender Menge gewonnen werden.

b) Mineralogische Beschreibung. Ist völlig lufttrocken von hellbläulicher Farbe mit nur vereinzelt dunkel gefärbten, kohlehaltigen Stellen. Hat ein sehr gleichmäßiges Aussehen; ein Hauch von schmutziggelber Eisenfärbung ist zuweilen zu bemerken. Fühlt sich recht fettig an. Schneidet sich glatt. Die Schnittfläche ist lebhaft fettigglänzend. Die Masse zeigt glänzende, geglättete, gleichsam verknetete Eindrücke und Ablösungen, haftet stark an der Zunge. Zerfällt im Wasser unter Entweichen zahlreicher Bläschen mit singendem Zischen; gibt damit angefeuchtet eine gut bindende, klebende und plastische Masse, welche die Feuchtigkeit hartnäckig zurückhält. Knirscht beim Reiben in der Achatschale kaum fühlbar. B ist = nahe 12 (neu).

c) Technische Anwendung. Eine technische Verwendung findet diese erste, „ausgelesene Hafenerde“ bezeichnete Sorte, fast ausschließlich in Glasfabriken. Weiterhin wird der Ton benutzt zur Herstellung von Wannensteinen für deren Seiten und Boden. Auch findet er Anwendung in der Eisenindustrie zu Hochöfen und Cowperapparatsteinen, Gußstahltiegeln, wie überhaupt als Tiegelton. Als Vorzug gilt für den Grünstädter Ton, daß derselbe bei verhältnismäßig geringer Temperatur das Schwinden vollendet. Nach Versuchen von Aron [1]) erreicht der Ton bei 980 ° C die höchste Schwindung und klinkert alsdann unter völliger Verdichtung. Der Schmelzpunkt tritt sehr viel später ein, doch liegt derselbe wesentlich unter Platinschmelzhitze.

d) Preis. Der Preis differiert je nach seiner Güte und Reinheit. Die erste Sorte, auserlesene Stücke, von allem sichtbaren Schwefelkiese frei, kostet loco Grube per Doppelwaggon 50—75 Mark, je nach dem Lieferungsquantum.

e) Zugehörige Tone. Zu den 30prozentigen feuerfesten Tonen, welche gegenüber den nachfolgenden tiefer stehenden, schon durch einen höheren Grad von Schwerschmelzbarkeit hervorragen, sind eine Reihe von Tonen, die in erster Linie von den Glasfabriken benutzt werden, zu rechnen. Ich führe nur an die bekannten: den Ebernhahner unweit Vallendar am Rhein, den Löthainer Ton in Sachsen, zum Teil den von Schwarzenfeld in Bayern, den Wildensteiner in Böhmen und den Albendorfer in Mähren. Auch gehört hierher der weniger fette, aber pyrometrisch etwas höher sich stellende beste Blanskoer Ton in Mähren. Im allgemeinen tritt der in Rede stehende Normalton unter den besseren feuerfesten Braunkohlentonen weit verbreitet und häufig hinsichtlich der Glüherscheinungen identisch mit dem Originaltone auf.

B. Chemische Analyse nebst Feuerfestigkeitsquotient siehe die Tabelle S. 168/69.

Zur Beurteilung der Veränderlichkeit des Materials in der bezeichneten fettesten Schicht des Grünstädter Tonlagers wurden in einem Zeitraum von 21 Jahren (1867—1889) Proben davon, welche aus demselben Vorkommen bei

1) Aron, Notizbl. V, Heft 4.

Hettenleidelheim, aber aus verschiedenen Gruben und von verschiedenen Besitzern stammten, vom Verfasser achtmal analysiert. Folgende Durchschnitts-

Grünstädte[r]

Jahr	1867	1874	1880
Einsender	Pütz (bisher. Normalton)	Gebr. Herrmann	desgl.
Tonerde	35,05[1]	34,76	32,54
Kieselsäure	47,33	49,60	50,91
Magnesia	1,11 } 6,75	0,79 } 5,87	0,39 } 5,82
Kalk	0,16	0,56	0,42
Eisenoxyd	2,30	2,22	2,00
Kali	3,18	2,30	3,01
Glühverlust	10,51[2]	9,96	10,42
	99,64	100,19	99,69
F. Q. (berechnet in alter Weise)	2,37	2,51	2,38

Aus den 8 Analysen berechnet sich für

die Tonerde

Durchschnitt	Maximum	Minimum
34,14 Proz.	35,60 Proz.	32,54. Proz.

Kieselsäure

49,63 Proz.	50,91 Proz.	47,33 Proz.

Gesamtflußmittel

5,74 Proz.	6,75 Proz.	4,44 Proz.

Feuerfestigkeitsquotient.

neu 7,95 alt 2,65	neu 9,78 alt 3,26	neu 7,11 alt 2,37.

In den einzelnen Jahren wurde als Feuerfestigkeitsquotient (alt) gefunden:

1867 : 2,37	1874 : 2,51	1880 : 2,38
1886 : 2,43	1886 : 2,71	1886 : 2,95
1887 : 2,55	1889 : 3,26	

Das Streben der Tonproduzenten, immer besseres und reineres Material an der Hand der ausgeführten Untersuchung aufzusuchen und den Konsumenten zu bieten, läßt sich, wie bemerkt zu werden verdient, fast stetig in den steigenden Quotienten verfolgen. Auf Grund der analytischen Bestimmungen wurde das Material und zwar vom Jahre 1887, welches der Durchschnittsanalyse am ähnlichsten kommt, ausgewählt und diente dieses zu den nachfolgenden pyrometrischen Ermittelungen. Wie einleuchtend lassen sich auf diese Weise die Grenzen der Fehlerquelle, welche aus dem Wechsel eines Materials für die Normaltone entstehen können, feststellen und genauer präzisieren.

Als charakteristisches Merkmal ergibt sich für die Zusammensetzungs-

1) Bis jetzt gefundener höchster Tonerdegehalt. Eine von Rhien angegebene Tonerdemenge von 45,00 hat sich nicht bestätigt. Man vergl. Tonindustrie-Ztg. 1890, No. 39.

2) Die Schwefelmenge, welche in zwei Bestimmungen nur 0,1 Prozent betrug, sowie der Sandgehalt usw. wurden bei den Analysen nicht genauer berücksichtigt.

gehalte wie Feuerfestigkeitsquotienten nebst Maximum und Minimum der Hauptbestandteile ergaben sich dabei:

blauer Ton.

1886 Schwalb	1887 Hagenburger	1886 Gebr. Herrmann	1886 desgl.	1889 desgl.
33,09	33,71	34,61	33,76	35,60
50,72	49,86	48,85	50,12	49,66
0,41	0,21	0,55	0,45	0,76
0,48 } 5,89	0,40 } 5,27	0,33 } 6,33	0,34 } 5,52	0,51 } 4,44
1,79	2,00	2,07	2,00	1,84
3,21	2,66	3,38	2,73	1,33
10,49	11,13	10,18	10,63	10,04
100,19	99,97	99,97	100,03	99,74
2,43	2,55	2,71	2,95	3,26

weise des blauen Grünstädter Tones: **beträchtliche Flußmittelmenge** und darunter **vorwiegend** Kali, neben einem verhältnismäßig **hohen** Tonerde- und einem **mäßigen** Kieselsäuregehalte.

C. **Pyrometrische Bestimmungen**[3]). — In ca. 1000° C. Brennt sich schmutziggelb mit schwärzlichen Stellen und einzelnen schwarzen Pünktchen. Bruch völlig verdichtet, blau, glänzend. Teilweise gerissen.

In ca. 1500° C, die bereits in 1000° C geglühte Probe. — Brennt sich blaugrau, etwas glänzend mit schwarzem Pünktchen und feinen Pöckchen. Bruch lebhaft glänzend.

Es zeigt sich ein deutliches Aufblähen.

In ca. 1600° C, desgleichen. — Brennt sich blaugrau mit Stich ins schwärzliche und großen schwarzen Flußpunkten wie Pocken. Bruch einzellöcherig, nicht glänzend.

In 10 Minuten Glühzeit. — Die Zylinderprobe ist erhalten kantig mit nur öliger dunkelgelber Haut. Bruch schamotteartig, ölig.

In 11 Minuten. — Verhält sich ähnlich, zeigt aber einen gelblichgrauen Hautüberzug. Bruch feinlöcherig (nadelstichartig).

In 12½ Minuten. — Erhalten kantig mit noch schwachem grauen Hautüberzug. Bruch feinlöcherig.

In 15 Minuten. — Noch erhalten kantig mit stärkerem bräunlichen Hautüberzug. Bruch dichter.

In 17 Minuten. — Sich deformierend, aber die Form ist noch zu erkennen mit schwach glänzendem grauen Hautüberzug. Bruch porig-löcherig.

In 20 Minuten. — Geschmolzen, kugelförmig eckig mit einzelnen Pöckchen und etwas mehr glänzendem grauen Hautüberzug, worin verwischte schwärzliche Adern schwimmen. Bruch fein- bis großlöcherig.

Sechste Klasse: Ton von Oberkaufungen bei Kassel. — A. **Allgemeines.** In diese Klasse kommen die Tone, welche, wenn sie auch in feuer-

3) Zu den pyrometrischen Bestimmungen, worauf wir eben hinwiesen, wurde als Material das benutzt, welches gemäß der chemischen Zusammensetzung (F. Q. 2,55) von mittlerer Beschaffenheit ist und sich so als ein durchschnittlicher darstellt, womit auch die pyrometrische Bestimmung im Einklang steht.

fester Hinsicht eine minder hohe Stellung einnehmen, doch wegen ihres hohen Bindevermögens und ihres niedrigen Preises gesucht sind. Als Repräsentant dieser mittelmäßigen Braunkohlentone wurde der Ton von Oberkaufungen, 7 km südöstlich von Kassel, hingestellt.

a) Vorkommen. Derselbe wird dort nach Abdeckung der bis 1 m starken Dammerde in einer durchschnittlichen Mächtigkeit bis zu 3 m gefördert. Der Ton gehört der Braunkohlenformation an.

b) Mineralogische Beschreibung. Ist lufttrocken von blaugrauer Farbe. Enthält deutlich pfanzliche Reste, in deren Umgebung der Ton dunkler gefärbt ist. Schneidet sich glatt; die Schnittfläche ist fettigglänzend. Zeigt geglättete, fettigglänzende Ablösungen. Zerfällt in Wasser unter Entwickelung zahlreicher Bläschen und singendem Zischen; gibt damit angefeuchtet einen recht bindenden anklebenden Teig. Knirscht beim Reiben merklich. Braust nicht beim Übergießen mit Säure. Enthält zuweilen vereinzelt Schwefelkiesknoten. Schwärzt sich beim Glühen über der Lampe und färbt sich alsdann schwach gelblichgrau. Das Bindevermögen ist = nahe 13 (neu).

c) Technische Anwendung findet derselbe zur Fabrikation feuerfester Steine, großer Röhren usw.

d) Preis. Kostet per Doppelwaggon loco 50 Mark.

e) Zugehörige Tone. Die Tone bilden den Übergang zwischen einerseits den nächst höheren und dem niedrigsten Normaltone und finden wir sie meist da, wo solche von beiden Klassen vorkommen. So werden sie angetroffen unter den bereits erwähnten rheinischen Tonen z. B. dem Mühlheimer als eine zweite Qualität, denen aus dem Ahrtale[1]), den Rheinisch-Nassauischen, den Pfälzer Tonen und den in feuerfester Beziehung alle pyrometrischen Abstufungen repräsentierenden belgischen Tonen usw.

Auf der Wiener Weltausstellung von 1873 fand sich unter einer Reihe von Proben aus dem Tertiärbecken der Herrschaft Wittingau in Böhmen eine große Anzahl von Tonen dieser Klasse. Es gehört ferner dahin unter österreichischen Tonen der von Binisch und der hellere, schokoladenfarbene Ton von Krazak in Kroatien. Neben den 50prozentigen und noch höher stehenden Tonen von Johnsdorf bei Krönau in Mähren aus der Charlottengrube, ist der daselbst aus der Annengrube 20prozentig, und gilt dasselbe zum Teil von den geringeren Sorten des Blanskoer Tones usw.

B. Chemische Analyse; bezüglich derselben verweisen wir auf die Tabelle S. 168/69.

C. Pyrometrische Bestimmungen. In ca. 1000° C. — Brennt sich bläulichgraulich, punktfrei. Bruch erdig, saugend.

In ca. 1500° C, die bereits bei 1000° geglühte Probe. — Brennt sich bläulich, kaum glänzend, punktfrei mit sehr feinen Pöckchen. Bruch völlig verdichtet, glänzend. Es zeigt sich ein geringes Aufblähen.

In ca. 1600° C, desgleichen. — Brennt sich bläulichweiß bis weiß, punktfrei mit einzelnen feinen Pöckchen und schwachem kaum glänzendem Hautüberzug. Bruch steinartig, kaum glänzend, mit einzelnen Löchern.

In 10 Minuten Glühzeit. — Die Zylinderprobe ist erhalten fast kantig mit schwachem Hautüberzug. Bruch porig bis feinlöcherig (nadelstichartig).

In 11 Minuten. — Verhält sich ähnlich aber mit stärkerer Haut und etwas aufgedunsen. Bruch mit einzelnen größeren Löchern.

1) Man vergl. der Verf.: „Neu aufgeschlossenes bedeutendes Tonlager, Untersuchung der Hauptschichten sogen. Schokoladentone". Sprechsaal 1877, S. 249 u. f.

In $12\frac{1}{2}$ Minuten. — Erhalten abgerundet kegelförmig mit glänzendem und pockigem Emailleüberzug. Bruch, die größeren Löcher haben etwas zugenommen.

In 15 Minuten. — Verhält sich ähnlich, ist aber etwas aufgedunsen. Bruch, die größeren Löcher finden sich noch häufiger.

In 17 Minuten. — Geschmolzen halbkugelförmig mit weniger glänzendem Emailleüberzug. Bruch rundblasig.

In 20 Minuten. — Niedergeschmolzen wulstförmig zu einem graulichen Email.

Siebente Klasse: Ton von Tschirne. Unterster Normalton.
A. Allgemeines. Statt des bisherigen niedrigsten Normaltones, welcher die untere, gewissermaßen abschließende und von der Praxis erfahrungsmäßig gezogene Grenze, oder den tatsächlich nicht unwichtigen Nullpunkt für die hochfeuerfesten Tone bildet, wurde, wie gesagt, dieser nicht glasartig, sondern emailleartig niederschmelzende Ton gewählt. Derselbe schmilzt bei steigender Temperatur, welches Verhalten oben näher dargelegt wurde, in besonders deutlicher Weise unter allmählicher Formänderung nieder, wodurch bei den Glühungen ein augenfälliges uud empfindliches Kennzeichen gleichsam als Indikator für einen erreichten jeweilig etwas größern oder geringern Hitzegrad erhalten wird.

a) Vorkommen. Der Ton findet sich zu Tschirne bei Siegersdorf in Schlesien in den Tongruben der Tschirner Tonwerke als erstes Tonflötz. Zu bemerken ist, daß außer diesem Tone in den dortigen ausgedehnten Tonwerken auch pyrometrisch höher stehende vorkommen und zum Verkauf gebracht werden, deren Schwerschmelzbarkeit selbst den Ton der fünften Klasse übertrifft und die sich durch eine große Gleichmäßigkeit auszeichnen.

b) Mineralogische Beschreibung. Ist lufttrocken von hellbläulicher Farbe mit Stich ins bläuliche bis schokoladenfarbene. Geglättete Ablösungen sind zuweilen zu bemerken. Schneidet sich glatt mit seidenglänzender Schnittfläche. Das Pulver, welches bläulichbräunlich ist, knirscht merklich beim Zerreiben. Schwärzt sich leise beim Glühen über der Lampe. Verhält sich mit Wasser angemacht mäßig bindend, klebend, brotteigartig und gut formbar. Das Bindevermögen (B) ist = 11 (neu).

c) Technische Anwendung. Das Material dient als Bindeton wie als hochfeuerfeste Schamotte in Fabriken feuerfester Produkte.

d) Preis. Kostet per Doppelwaggon frei Siegersdorf 60 Mark.

Zugehörige Tone. — Tone dieser untersten Stufe werden, wie oben erwähnt, in häufiger Menge fast überall da angetroffen, wo überhaupt feuerfeste Tone vorkommen. So begegnet man diesem Normalton unter den plastischen Tonen in den Tonlagern bei Siershahn, Ebernhahn, Wirges auf dem Westerwald, ferner unter den Pfälzer, sächsischen, bayerischen, böhmischen feuerfesten Tonen usw. Auch tauchten solche Tone unter den Rohkaolinen auf, so zu Sennewitz und in der Flur Bennstedt bei Halle, sowie selbst unter den rheinischen, schlesischen und böhmischen Schiefertonen in bestimmten unreinern und namentlich sandhaltigern Lagern und Nestern — kurz, besonders da, wo als Begleiter der Braunkohle feuerfeste Tone vorkommen, die aber schon dem äußern Ansehen nach als reinere sich hervortun.

B. Chemische Analyse [1]) nebst F.-Q. Gefunden wurde in einer sorg-

---

1) Hinsichtlich der Reihenfolge der Bestandteile sei verwiesen auf Kap. II.



sam hergestellten und bei 120° C getrockneten Durchschnittsmenge aus 100 kg des Tones:

Tonerde . . .	26,27	Proz.
Kieselsäure . .	61,35	„ 1)
Magnesia . . .	0,52	„
Kalk	0,10	„
Eisenoxyd . .	1,12	„
Kali	3,15	„
Glühverlust . .	7,53	„
	100,04	Proz.

Es berechnet sich daraus die chemische Zusammensetzung 4,10 (Al_2O_3 2,67 SiO_2)+RO und F.-Q. 4,62. alt 1,54).

C. Pyrometrische Bestimmungen. In za. 1000° C. — Brennt sich bräunlich angelaufen mit einzelnen sehr feinen schwarzen Pünktchen. Bruch erdig, saugend.

In za. 1500° C die bereits bei 1000° geglühte Probe. — Brennt sich lichtbläulich, etwas glänzend, mit einzelnen schwarzen Pünktchen und wenigen feinen Pöckchen. Bruch steinzeugartig mit wenigen Poren. Es zeigt sich ein geringeres Aufblähen.

5. Zusammen

der Analysen der Normaltone und der daraus

	I. Klasse Schieferton von Altwasser, ausgesucht reinste und strengflüssigste Varietät. Repräsentant der Steinkohlentone.		II. Klasse Geschlämmter Kaolin von Zettlitz in Böhmen. Repräsentant der Kaoline.	
	Prozent		Prozent	
Tonerde (Al_2O_3)	36,30 [2]		38,54 [3]	
Kieselsäure (SiO_2) chem. geb.	38,94	43,84	40,53	45,65
„ als Sand	4,90		5,15	
Magnesia (MgO)	0,19	1,26	0,38	2,02
Kalk (CaO)	0,19		0,08	
Eisenoxyd (Fe_2O_3)	0,46		0,90	
Kali (vorherrschend) (K_2O)	0,42		0,66	
Glühverlust	17,78		13,00	
	99,18		99,24	
Formel für die Zusammensetzung	19,25(Al_2O_3 1,38SiO_2)+RO		12,82(Al_2O_3, 1,35 SiO_2)+RO	
Feuerfestigkeitsquotient [4]) in alter Bezeichnung	13,95		9,49	
Grad der Feuerfestigkeit	100 (höchst feuerfest)		70 (sehr hoch feuerfest)	
Feuerfestigkeitsquotient (13,95) für den Normalton der ersten Klasse = 100 gesetzt	100		68,03	
Feuerfestigkeitsgrad nach Seger, in dessen Kegeln ausgedrückt [5])	Kegel 36		35	
Grad des Bindevermögens	1—2 (in alter Bezeichnung, kaum bindend)		3 (wenig bindend)	
Glühermittelungen [7])			—	

1) Darin: Sand 28,62 Proz. und Tonerde nebst Eisenoxyd 0,45 Proz., Kalk 0,05 Proz.
2) Gibt wasser- und kohlenfrei berechnet 44,59 Proz.
3) Gibt wasserfrei berechnet 43,94 Proz. Tonerde, 52,08 Proz. Kieselsäure und
4) Über dessen Berechnungsweise, Bedeutung, Wert usw. finden sich oben die aus-
5) Tonindustrie-Ztg. 1888, 14. 6) Tonindustrie-Ztg. 1891, No. 25—27.
7) Hinsichtlich derselben verweisen wir auf die oben (Abschnitt 3) im einzelnen

In za. 1600° C desgleichen. Brennt sich bläulichweiß mit einzelnen schwarzen Pünktchen und größeren Pocken. Zeigt einen glänzenden Hautüberzug. Bruch etwas aufgebläht, feinlöcherig.

In 10 Minuten. — Die Zylinderprobe ist geschmolzen kegelförmig mit einzelnen Beulen, etwas aufgedunsen. Zeigt einen glänzenden, graulichweißen Emailleüberzug. Bruch fein- bis großlöcherig.

In 11 Minuten. — Geschmolzen kegel-kugelförmig mit glänzendem, glatten und mehr bläulichem Emailleüberzug. Bruch ähnlich aber mit einzelnen zirkelrunden Bläschen.

In 12½ Minuten. — Geschmolzen halbkugelförmig mit weniger glänzendem und etwas dunklem Emailleüberzug. Bruch mit kleineren und größeren Bläschen.

In 15 Minuten. — Geschmolzen tropfenförmig mit glänzendem aber mehr bräunlichen Email. Bruch gleich.

In 17 Minuten ist niedergeschmolzen wulstförmig zu einem graulichen Email.

In 20 Minuten. — Zerflossen sich ausbreitend zu einem bräunlichen Email.

stellung

abgeleiteten Werte nebst weiteren Ermittlungen.

III. Klasse 'on von Briesen in Mähren. Repräsent. der steinartigen und doch einigermaßen bindenden Tone.	IV. Klasse Ton von Ebernhahn, ausgesuchte beste Qualität.	V. Klasse Ton von Grünstadt in der Pfalz, ausgelesene Sorte. Repräsentant kaolinhaltiger Tone auf sekund. Lagerstätte.	VI. Klasse Ton von Oberkaufungen b. Kassel. Repräsentant mittelmäßiger Braunkohlentone.	VII. Klasse Ton von Tschirne in Schlesien. Repräsentant tieferstehender Braunkohlentone.
Prozent	Prozent	Prozent	Prozent	Prozent
39,25	37,95	35,05	27,97	26,27
{ 44,76	32,18 14,79 } 46,97	39,32 8,01 } 47,33	33,59 24,40 } 57,99	{ 61,35
0,36 0,26 0,48 1,55 } 2,65	0,11 0,04 0,95 3,00 } 4,10	1,11 0,16 2,30 3,18 } 6,75	0,54 0,97 2,01 0,53 } 4,05	0,52 0,10 1,12 3,15 } 4,89
13,41	10,02	10,51	9,43	7,53
100,07	99,04	99,64	99,44	100,04
19,57 (Al_2O_3, 1,21 SiO_2)+RO		3,65 (Al_2O_3, 1,34 SiO_2)+RO	4,73 (Al_2O_3, 2,37 SiO_2)+RO	4,10 (Al_2O_3, 2,67 SiO_2)+RO
8,06		2.37	1,86	1,54
60 (sehr hoch feuerfest)	50 (hoch feuerfest)	30 (mäßig feuerf.)	20 (zieml. feuerfest)	10 Proz. (wenig aber noch feuerf.)
57,78		16,99	13,33	11,68
ca. 35	33	30	28	26
nach Hecht[6]) 6—7	9	8	9	8—9
(mäßig bindend)	(reichl. bindend)	(sehr bindend)	(reichl. bindend)	(reichl. bindend)
—	—	—	—	—

Kieselsäure (Differenz) 28,12 Proz.

2,32 Proz. Flußmittel.
führlichen Angaben.

zusammengestellten Daten.



6. Prüfung mittelst der Normaltone; Verfahren und Methoden.

Wir kommen unter Hinweis auf die oben erörterten Vorsichtsmaßregeln und Regeln überhaupt nebst stetiger Kontrolle zu den mit Hilfe der Normal- oder Anhaltstone auszuführenden pyrometrischen Bestimmungen oder denen der Feuerfestigkeit. Als Grundsatz ist bei diesen Ermittelungen vorauszuschicken, daß stets ein methodisches Verfahren beobachtet werde, wobei an folgenden Hauptgesichtspunkten festzuhalten ist.

Eine nur einzige Bestimmung oder ein vereinzeltes Kriterium, welches allzu leicht unversehens zu Trugschlüssen führt, darf nicht als maßgebend gelten, sondern es ist das Resultat jedesmal, wenn auch die Untersuchungsweise dadurch komplizierter wird[1]), aus mehreren absichtlich abgeänderten und dennoch unter sich parallel gehenden Glüherscheinungen und wiederholt zutreffenden Vergleichsmomenten abzuleiten; bei einem Nichtstimmen sind die widerstreitenden Daten gesondert, bestimmt und ohne Rückhalt anzugeben. Im besonderen muß man mit Rücksicht auf den bestehenden Abstand zwischen dem geringsten und höchsten der feuerfesten Tone, welcher, wie die technische Erfahrung lehrt, in Temperaturgraden ausgedrückt, nicht sehr groß aber dennoch von der allergrößten Bedeutung und Wichtigkeit ist, bei den Prüfungen in Abteilungen oder stationsweise oder auch wie folgt gruppenweise verfahren. Würde man nämlich die Erhitzung so weit treiben, daß die höhern Tone zusammenschmelzen, so sind die der untern Reihe bereits so sehr zusammengeflossen, daß die Unterscheidungen im Einzelnen und je tiefer sie stehen, um so mehr verwischt werden. Wird jedoch die Erhitzung so weit ermäßigt, daß nur die unteren Tone schmelzen, so ist bei den höhern noch kein deutlich sichtbares Anzeichen einer Schmelzung und damit kein oder kein erheblicher Unterschied zu bemerken, womit also ein dafür als zutreffend angenommenes und tunlichst festbegründetes Kriterium wegfällt und die Möglichkeit einer unzweifelhaften Entscheidung dem Prüfenden entgeht. Es ist daher, wenn sonstige Anhaltspunkte fehlen, jedesmal nach einer allgemeinen, gewissermaßen zur Orientierung über den entscheidenden Erhitzungsgrad angestellten, Vorprüfung bei sachgemäßen Bestimmungen das Einordnen der zu prüfenden Tone in gesonderter Weise und wie gesagt nach bestimmten Gruppen der Normaltone vorzunehmen, und ergibt sich der Anhalt dafür in unten folgender experimentellen und im ganzen einfachen Weise. Wir gehen über zur Herstellung der Proben, dem Glühen und der hierauf erfolgenden Beurteilung derselben.

---

1) Hinsichtlich des umsichtigeren und damit komplizierteren Ganges ist beispielsweise mutatis mutandis an die wenn auch einem anderen Gebiete angehörenden Barometerbeobachtungen zu erinnern, wobei es nicht genügt, bloß das Steigen oder Fallen des Barometers sich zu bemerken, sondern es müssen die Feuchtigkeitsverhältnisse, der Taupunkt, die lokalen Depressionen usw. ermittelt und damit kombiniert werden, um erst aus dem Gesamtresultat einen zutreffenden Schluß zu ziehen. Ähnliche umfassende Ermittlungen verlangen die Feuerfestigkeitsbestimmungen. Bei starker Erhitzung fallen z. B. die Schmelzerscheinungen des Normaltons der fünften und siebenten Klasse trotz ihres technisch ebenso bedeutenden als wichtigen Abstandes so nahe zusammen, daß sie bei nicht sorgsamer Beachtung der Erscheinungen gleichgestellt und daher verwechselt werden können. Eine Herabminderung der Prüfungstemperatur bildet daher für völlig unzweifelhafte Bestimmungen eine Bedingung.

Nachdem aus der regelrecht hergestellten Durchschnittsmenge des zu prüfenden Tones[1]) mindestens zwei genau gleiche Proben (kleine Zylinder) wie für die Normaltone geformt sind, werden dieselben völlig trocken auf eine Tonscheibe nicht zu eng nebeneinander aufgeklebt, damit nicht beim Niederschmelzen die eine Probe auf die andere einwirke. Hierauf werden die Proben, nachdem der gut verschlossene Tiegel mit seinem Inhalt vorher stark getrocknet, dem bestimmten keinenfalls zu geringen Hitzegrade[2]), da sonst beträchtliche Fehler und irrige Resultate nicht ausgeschlossen sind, unterworfen. Als sich ergebendes Prinzip für ein sicheres Einordnen, worauf selbstredend alles ankommt, ist hinsichtlich der anzuwendenden Temperatur für die Prüfungshitze als Grundbedingung in den Vordergrund zu stellen, daß dieselbe angepaßt wird den jedesmal von Fall zu Fall in Vergleich kommenden Normaltonen. Es ist alsdann die Erhitzung so weit zu treiben oder anzupassen, daß die in Frage kommenden Normaltone und zwar immer mehrere auf einander folgende deutliche Unterschiede oder Merkmale in ihren Glüherscheinungen aufweisen.

Nach geschehener Glühung und Öffnung des Tiegels wird bei den erkalteten Proben unter sich vergleichend ermittelt, mit welchem der Normaltone der untersuchte Ton in betreff seiner Schmelzerscheinungen zusammenfällt oder welchem er sich mehr oder weniger nähert. In letzterem Falle ist, wie bestimmter sogleich folgt, der besondere Weg einzuschlagen, daß man die Prüfungshitze unter Mitglühen der in Vergleich kommenden Normaltone sukzessive herabmindert. Bei den weniger schwer schmelzbaren Tonen vermag alsdann die oben beschriebene bestimmte Formänderung des niedrigsten Normaltons, namentlich bei Wiederholungen des Versuchs, ein empfindliches Merkmal für die gleiche Glühzeit oder einen bestimmt erreichten Hitzegrad abzugeben.

Hat man so gefunden, wie viel der zu prüfende Ton über oder unter einen bestimmten Normalton[3]) zu setzen ist und ergibt sich beispielsweise, daß die Schwerschmelzbarkeit unter die des Normaltons der fünften Klasse fällt, so vergleicht man bei einer nochmaligen schwächeren Glühung, wie sich derselbe gegen den tiefer stehenden Normalton der sechsten Klasse oder den 20 prozentigen verhält, oder um wieviel er diesen übertrifft. Wird dadurch seine Stellung oberhalb des 20prozentigen Normaltons entschieden erwiesen, so wird schließlich der Versuch in gleicher Weise wiederholt, nur bei noch etwas niedrigerer Temperatur, und werden die beiden Vergleichsobjekte zur augenscheinlichen Gewißheit, daß keine oder eine nur sehr geringe Temperaturdifferenz im Bereiche der Glühscheibe stattgefunden haben kann, in zwei bis selbst, wenn man in besonderen Fällen so weit gehen will, dreimaliger abwechselnder Reihenfolge aufgestellt. Man kann sich dabei sogar zweier Glühscheiben, einer oberen und unteren, bedienen, wovon eine jede in derselben Weise mit gleichen Proben und zwar an entgegengesetzten Stellen besetzt ist.

---

1) Ist der Ton augenscheinlich kohlehaltig, so ist er vorher in Rotglühhitze durchzuglühen, was jedoch nicht ausschließt, den kohlehaltigen Ton für sich einer Prüfung zu unterwerfen.

2) Fehlt inbetreff des anzuwendenden Hitzegrades ein sonstiger Anhalt, so ist um so notwendiger die bezeichnete Vorprüfung mit dem oder den einzuordnenden Tonen behufs maßgebender Einschätzung anzustellen.

3) Kommt für die Praxis ein bestimmter bekannter Ton in Frage, so kann man nach vorheriger Ermittlung von dessen Stellung diesen zugleich als Vergleichsobjekt bei dem Glühen mit aufstellen.

Gelangt hierdurch der Beobachter zur unmittelbaren und ebenso engbegrenzten als sichern Beurteilung, so vermag man den Vergleich mit erreichbarer großer Bestimmtheit auszuführen. In wichtigen oder streitigen Fällen läßt sich auf diese Art eine Überzeugung gewinnen, die in der Tat nicht irgendwelche Zweifel über die pyrometrische Stellung des zu prüfenden Tones übrig läßt und vermag man selbst in Zahlen anzugeben, innerhalb welcher Minimalgrenzen oder welcher möglichen Fehler sich das Urteil bewegt. Als Aufgabe gilt somit bei dieser Bestimmungsweise, das bei dem Vorversuche oder der darauf folgenden Erhitzung am stärksten geglühte Prüfungsobjekt unter Verminderung der Glühtemperatur schließlich mit dem oder den am ähnlichsten d. h. maßgebend gefundenen Normaltonen in immer engeren oder näheren und so mehrfach wiederholten verschärften Vergleich zu bringen. Es handelt sich in diesem Falle nicht um das Niederschmelzen und keinenfalls um das völlige, sondern um ein im allgemeinen wesentlich früheres Stadium oder um die sogenannte Standbarkeit des zu prüfenden Tones, worauf es, wie auch von andern und namentlich von Seger hingewiesen worden ist, in praktischer Beziehung meist weit mehr als auf das eigentliche Schmelzen ankommt. Kleinere und selbst sehr geringe Schmelzunterschiede sind auf diese Weise in immer mehr ermäßigten, aber unter sich nahestehenden Hitzegraden endgültig zu bestimmen. Diese Methode ist ganz besonders am Platze, wenn, wie bereits angedeutet wurde, z. B. bei gerichtlichen Verhandlungen unter zwei pyrometrisch sehr ähnlichen Tonen (oder auch feuerfesten Fabrikaten) zu entscheiden ist, welcher davon hinsichtlich der bezeichneten Standbarkeit der länger sich erhaltende, oder mit bezug hierauf der höher oder tiefer stehende ist. Folgen sollen hier, als Abschnitt für sich einige pyrometrische Sätze oder sich ergebende Regeln, auf Grund der mit den Normaltonen ausgeführten Bestimmungen, nebst sonstigen auffallenden Glüherscheinungen, welche bemerkenswert erscheinen. Zum Schluß des Abschnittes mögen sich alsdann in kürzerer Fassung eine Anzahl pyrometrischer Thesen anschließen.

Als Beispiel eingehend durchgeführter Untersuchungsweise mit Hilfe der Normaltone möge hier verwiesen werden auf die pyrometrische Untersuchung des Tones von Girod bei Walmerod auf dem Westerwald. Der Verf., Sprechsaal 1898 Nr. 7—10.

Ermittlung der Feuerfestigkeit mit Hilfe der Normaltone und in bezug auf die Segerkegel. Die Bestimmung der Feuerbeständigkeit von Tonen, feuerfesten Fabrikaten und anderen Materialien läßt sich in der Weise ausführen, daß man, wie besprochen, dieselben sukzessive in der Schmelztemperatur der Normaltone glüht und alsdann beobachtet, mit welchem Normalton das Schmelzen zutreffend oder annäherungsweise zusammenfällt.

Da Seger das Schmelzen der Normaltone gegenüber seinen Kegeln feststellte, so vermag man auch, wenn dies gewünscht wird, das Schmelzen der Normaltone in dem sogenannten Schmelzpunkt oder den angeführten Temperaturgraden der Kegel auszudrücken, welchen einwandfreieren Weg der Verfasser bei seinen pyrometrischen Ermittlungen befolgt.

V. Pyrometrische allgemeine Sätze oder Thesen,

welche sich aus den vorstehenden Versuchen ergeben und hier zusammengestellt werden sollen.

a. Die pyrometrische Beurteilung der feuerfesten Tone

ist, wie wir wissen, von der angewendeten Prüfungstemperatur abhängig; je nach dem Hitzegrade kann das Maß für das Einordnen, sowie die Stellung eines Tones wechseln. Bei den Prüfungen kommt es daher stets darauf an, welchen, so weit es irgend möglich zuverlässig festgestellten Temperaturgrad man als Norm annimmt. Können sich doch zwei Tone untereinander, je nach der Temperatur, der sie ausgesetzt werden, bald gleich, bald verschieden und sogar widersprechend verhalten [1]). Bei den Bestimmungen müssen somit wie bei allen pyrotechnischen Versuchen die angewandten und wie dargelegt wurde durch sachgemäße Vorversuche zu ermittelnden, entscheidenden Hitzegrade jedesmal in näherer und bestimmter, einen Anhalt gewährenden Bezeichnung angegeben werden. Ist dies bis jetzt nicht ausreichend mittelst eines namentlich für die in Betracht kommenden höhern Hitzegrade anzuwendenden eigentlichen Pyrometers zu bewirken, so muß man sich anderer zutreffender Merkmale oder Anhaltspunkte, wohin die maßgebende Platin- und etwa Iridiumschmelzhitze und die von deren Legierungen usw. gehört, bedienen.

Für Tone, die den untern Normaltonen angehören und wobei die Frage in Betracht kommt, ob ein Ton überhaupt noch zu den feuerfesten (hochfeuerfesten) gehört, bildet, wie erwähnt, die Temperatur, in welcher der niedrigste Normalton unter Deformierung (Umwandlung des Zylinders in Kugelform) geschmolzen ist, die notwendige Bedingung für eine zweifellose Bestimmung. Handelt es sich aber um die vergleichende Bestimmung mehrerer solcher nahezu gleicher Tone unter sich, so ist die Prüfungstemperatur entsprechend herabzumindern, soweit bis der niedrigste Normalton sich nur eben deformiert (die Zylinderform in Kegelform übergeht). Sind Tone zu prüfen, welche höher stehen und sich dem mittleren Normalton nähern oder gleichstellen, so ist die Prüfungshitze entsprechend höher zu treiben und endlich, kommen diejenigen Tone in Betracht, welche hinsichtlich der Schwerschmelzbarkeit den Kaolinen nahe oder gleichkommen oder noch darüber hinaus gehen, so ist, um Unterschiede unter einander festzustellen, die Erhitzung bedeutend höher bis zur „wirklichen“ Platinschmelzhitze, wobei in verschlossener Tonerdekapsel das Schmelzen des Platins konstatiert wird, in verhältnismäßig außerordentlicher Weise zu steigern.

Bezeichnen wir die anzuwendende Temperatur näher, so kann immerhin als relativ brauchbarer Anhalt bei den Tonen als Indikator eine bestimmte Formänderung des schon öfter genannten untersten Normaltones dienen. Bei höher stehenden Tonen läßt sich desgleichen als Indikator eine Zylinderprobe des Normaltons der fünften Klasse (oder des 30prozentigen) benutzen, welche halbkugel- bis tropfenförmig niedergeschmolzen sein muß und ist alsdann bei dem bestimmten Versuche anzugeben, welche Schmelzform eine Zylinderprobe des niedrigsten wie höhern Normaltons angenommen hatte. Bei den noch höher stehenden Tonen ist wie gesagt, als Kontrolle für die in der Tat erreichte Temperatur konstatierte Platinschmelzhitze anzuwenden.

Ausgedrückt in Temperaturgraden, bei den bis jetzt wie gesagt noch mangelnden wissenschaftlichen Feststellungen mit Ausnahme der Platinschmelzhitze, nur in annähernder Weise, ist für die absolute Bestimmung der am höchsten stehenden Tone die Temperatur bis zu ca. 1800° C oder nicht viel darüber hinaus zu steigern und für die am tiefsten sich stellenden herabzugehen

1) Der Verfasser, Notizbl. 1877, S. 156.

bis zu ca. 1700° C als niedrigste Temperatur. Es bewegen sich demnach, früheren nur auf den Augenschein hin gemachten Annahmen gegenüber, in überraschenderweise die feuerfesten (hochfeuerfesten) Tone vom niedrigsten bis höchsten in dem an sich geringen Temperaturabstande von nur zirka 100° C[1]) oder nicht viel mehr, der aber nichts destoweniger, was die effektive Erreichung der höchsten Temperatur angeht, eine enorme Anstrengung erfordert.

Kehren wir zu den an die Prüfungstone gestellten Anforderungen zurück und erörtern die bezeichnete absolute und relative Bestimmungsweise. Erstere beruht auf dem Niederschmelzen des zu prüfenden Tones, letztere dagegen auf dessen vergleichsweiser Haltbarkeit oder der sogenannten Standbarkeit bis zu einer gewissen Grenze. Jene verfolgt dabei als maßgebendes Ziel das Schmelzen und diese muß sich beschränken auf die eine wesentlich geringere Temperatur erfordernde größere oder geringere Formerhaltung des Tones, woraus sich dann folgende verschiedenartige Aufgabe ergibt.

Beim Niederschmelzen ist die Temperatur hoch bis aufs höchste zu steigern, um ein durchschlagendes und im ganzen einheitliches Merkmal zu erhalten, wenn auch, wie bereits hervorgehoben wurde, dasselbe keinen auf den Punkt zutreffenden Anhalt gewährt und keinenfalls allein entscheidend ist. Während so denn die Theorie mit der völligen Formänderung bis selbst des höchsten Tones außerordentlich hohe Anforderungen in bezug auf die anzuwendenden Mittel stellt, verlangt die Praxis die möglichst lange Erhaltung der Form der Tonmasse. Für den wirklichen Verwendungsfall stellt daher die Theorie eine andere und besonders zu hohe Aufgabe und dennoch sind beide Ziele gewissermaßen zu vereinigen und meist zugleich ins Auge zu fassen, wenn eine vollständigere Erkenntnis des zu prüfenden Tones und ein die Theorie wie Praxis befriedigendes Ergebnis erlangt werden soll[2]). Die eine wie andere Ermittlung für sich allein, ist, wie wiederholt betont werden mag, nur im stande ein einseitiges oder lückenhaftes Resultat zu geben. Durch eine einzige einfache Schmelzbestimmung sind nimmermehr alle die bei der pyrometrischen Prüfung auftauchenden Fragen und namentlich nicht in praktischer Hinsicht zu erledigen und noch viel weniger ist das Ergebnis zu präzisieren. So ist die überhaupt zu hoch gesteigerte Bestimmung im stande, die Interessen des Produzenten und die zu geringe die des Konsumenten zu schädigen. Kurzweg bezeichnet, genügt es demnach nicht blos festzustellen, wann der Ton schmilzt, sondern auch wie lange und bei welcher Temperatur sich derselbe hält ohne augenscheinliche oder stärkere Formänderung, was immer in gesonderter Bestimmung klar hinzustellen ist[3]). In letzterem Falle handelt es sich und selbst noch mehr wie

1) Nach den „schätzungsweisen“ Angaben in der bekannten Segerschen Kegelreihe beträgt der Abstand zwischen Kegel 26 und 36, welche als Maßstab für die Beurteilung der feuerfesten Schamottematerialien bezeichnet werden, 300° C — eine also viel bedeutender angenommene Temperaturdifferenz. (Tonindustrie-Ztg. 1895, No. 13.)

2) Es dürfte in dieser nicht immer beachteten doppelten und unter sich entgegengesetzten Aufgabe der Grund liegen, weshalb, abgesehen von anderen Faktoren, Umständen und Anforderungen, die meisten bisherigen pyrometrischen Bestimmungen in der Tat oft nicht recht genügt haben.

3) Aus dem gleichen Schmelzen zweier Tone oder deren gleicher Stellung in dieser Hinsicht folgt keineswegs, daß sie sich auch inbetreff der Standbarkeit gleich verhalten. Begegnet man doch auffallenden Verschiedenheiten in dieser Beziehung.

bei der absoluten Bestimmung um eine Reihe von Ermittlungen, so der die Standbarkeit eines Tones bedingenden Umstände, der dabei mitspielenden Faktoren, wie etwaiger anscheinender Anomalien.

b. Als zweiter Satz muß somit aus mehrfacher Ursache gelten: Der pyrometrischen Beurteilung sind mehrere verschiedene Hitzegrade als Anhalt zu Grunde zu legen.

Bei sorgsamer und genauer Untersuchung darf überhaupt an vorzunehmenden unter sich verschiedenen Glühungen nicht gespart werden, welche dann unter einander, soweit dies begründbar, stimmen müssen, oder es sind, wie gesagt, bei Abweichungen im Zutreffen der Glüherscheinungen jene bestimmt zu bezeichnen. Anscheinende Ungleichheiten oder widerstreitende Beobachtungen lassen sich indes glücklicherweise nicht selten durch eine häufigere Wiederholung des Glühens aufklären.

c. Kleinere pyrometrische Unterschiede, namentlich bei sehr nahestehenden und überhaupt leichter schmelzbaren Tonen sind, wie bereits angedeutet wurde, in der Weise zu bestimmen, daß man die an der Hand der Normaltone festgestellte Schmelzhitze immer mehr stufenweise bis zum beginnenden Schmelzen des einen oder anderen Tones herabmindert und dann in noch etwas geringerer Temperatur oder in einem unmittelbar dem Schmelzen vorhergehenden Stadium die Entscheidung mit sich ergebender Überzeugung bis zur Untrüglichkeit der zweifellosen Tatsache zum Abschluß bringt.

d. Treten gleichzeitig an demselben Objekte verschiedenartige Schmelzerscheinungen auf, so sind auch diese im Einzelnen zu beschreiben und kommt dabei in Frage, welchen Gesichtspunkt man in den Vordergrund stellt. Was alsdann die in Betracht kommenden verschiedenartigen Glühkennzeichen angeht, so bedeutet, wie schon erwähnt, z. B. das Schmelzen zu einem Glas eine größere Schmelzbarkeit als die zu einem Email. Sind fernerhin zwei Tone ungleichartig geschmolzen, so ist bekanntlich derjenige als der leichter schmelzbare anzusehen, bei dem der Bruch am homogensten erscheint.

e. Die Mischung zweier Tone stellt sich, wie bereits oben berührt wurde, als weit vorherrschende Regel pyrometrisch etwas tiefer, als das aus den Schmelztemperaturen berechnete arithmetische Mittel ergibt, und tritt dies um so deutlicher hervor, je höher die angewandte Temperatur ist. Es läßt sich dies Verhalten aufs Experiment bringen. Mischt man mehrere einer dem Anscheine nach durchaus gleichartigen Tonschicht entnommene Proben eines feuerfesten Tones, welche je für sich geprüft einander pyrometrisch gleich stehen oder keinen merklichen Unterschied in der Schmelzbarkeit wahrnehmen lassen, durch einander, so zeigen sich die aus der Mischung bereiteten Versuchsobjekte deutlich etwas leichter schmelzbar wie die Einzelproben. Die Art der chemischen Zusammensetzung beeinflußt dabei in meist befördernder, doch auch in beschränkender Weise das Resultat.

f. Mit dem Glühen eines Tones nimmt, wie oben dargelegt wurde, dessen Widerstandsfähigkeit in sehr geringem Grade, doch verschieden je nach der pyrometrischen Stellung des Tones zu. Der vorher gebrannte Ton hält sich in der Regel etwas mehr widerstandsfähig, als der gleichzeitig mitgeglühte Rohton, bei dem sich die Tonteilchen enger berühren als bei dem gebrannten und dadurch poröser gewordenen Material.



Durch das Brennen eines Tones zu Schamotte wird daher eine wenn auch meist nur wenig nachweisbare pyrometrische Erhöhung erzielt. Wichtiger und wertvoller ist die vermehrte Haltbarkeit in physikalischer Beziehung.

g. Die Glüherscheinungen der Tone gehen, wie oben unter a angedeutet wurde, nicht immer parallel mit der Versuchstemperatur und namentlich nicht in geringerer im Vergleich zu höheren, was hier bestimmter besprochen werden soll. Ergibt sich z. B., daß ein Ton bei einer Erhitzung bis zu zirka 1500° C sich nicht vollständig hält, d. h. deutliche Schmelzerscheinungen, ein Aufblähen zeigt, was als entschiedenes Merkmal für einen eingetretenen chemischen Prozeß gelten darf, so schmilzt derselbe in der Regel in höherer Temperatur bald und eher zusammen, als der unterste Normalton und er ist daher nicht mehr zu den eigentlich feuerfesten oder hochfeuerfesten zu rechnen.

Hieraus folgt aber nicht der umgekehrte Schluß, daß wenn ein Ton bei 1500° C ohne Schmelzzeichen sich erhält, derselbe unzweifelhaft den feuerfesten angehört, sondern es gibt selbst Tone, welche, trotzdem sie sich bei 1500° C gut halten, doch nicht feuerfest sind. Anderseits kann aber auch der entgegengesetzte Fall eintreten, daß, obgleich ein Ton bei der niedrigern Temperatur augenfällige Schmelzzeichen aufweist, derselbe dennoch als feuerfester zu bezeichnen ist.

So finden sich unter den plastischen Tonen in der Tat solche, welche wiewohl sie beim Glühen in einer Temperatur von 1500° C um mehrere Prozente infolge einer Aufblähung wachsen, dennoch, werden dieselben höher geglüht, sich länger ohne eintretende stärkere augenfällige Formänderung als der niedrigste Normalton erhalten. Sie gehören also trotz des beginnenden Schmelzprozesses (der Aufblähung) in dem geringern Hitzegrade noch zu den entschieden feuerfesten. Man kann daher nicht ein für allemal unbedingt und weder bei positivem noch negativem Befunde aus dem Verhalten eines Tones in dem niedern Hitzegrad auf ein paralleles in dem höhern schließen.

Das pyrometrische Resultat ist somit, worauf oben bereits hingewiesen wurde, stets aus der Kombination einer Reihe von Glüherscheinungen abzuleiten, seien sie zutreffende oder unter sich abweichende. Erstere müssen sich entweder gegenseitig ergänzen oder etwaige Widersprüche müssen rückhaltlos wie gesagt von dem Beobachter beschrieben werden, wenn ein ebenso klares als sicheres Bild der pyrometrischen Stellung eines Tones erhalten werden soll.

Es ist deshalb jedesmal bestimmt darzulegen, welche nicht parallel gehende Erscheinungen sich zeigen, bis zu welcher Temperatur sich der zu prüfende Ton hält, wann er beginnt zu schmelzen und wann er niederschmilzt. Alle diese Angaben müssen sich, wozu im besondern Falle noch andere maßgebende Daten kommen können, gegenseitig bei endgültigem Abschlusse korrigieren.

h. Einigermaßen schwerschmelzbare, aber bei einem gewissen erreichten Temperaturgrade rasch niedergehende Tone. Es gibt, wenn auch im ganzen selten Tone, deren pyrometrische Stellung sich innerhalb einer sehr geringen Temperaturdifferenz ganz wesentlich ändert oder welche sich in einem geringern Hitzegrade unverhältnismäßig besser als in dem höheren verhalten.

Diese Erscheinung bildet das auffallende Gegenteil der Tone, bei denen

der Sinterungspunkt und Schmelzpunkt sehr weit auseinander liegen. Glüht man z. B. gewisse Hallesche Rohkaoline im Deville'schen Ofen 12 bis 13 Minuten lang, wobei der niedrigste Normalton halbkugelförmig zusammengeschmolzen, so erhält sich die denselben gegebene Form noch vollständig, wird aber der Hitzegrad verhältnismäßig wenig höher gesteigert, wobei der niedrigste Normalton fast niedergeschmolzen ist, so sind auch die Rohkaoline niedergegangen, wenn auch in etwas geringerem Grade wie der niedrigste Normalton. In jenem Falle, also bei zu geringer Prüfungshitze, stellen sich die Tone den Glüherscheinungen nach gleich dem 50prozentigen Normalton, dagegen in diesem unter den 30prozentigen. Ähnliche Glüherscheinungen zeigen sich bereits in etwas niedrigerer Temperatur bei feuerfesten Tonen, welche mäßig tonerdereich aber bedeutend flußmittelhaltig sind.

Wollte man sich bei der Wertbestimmung solcher Tone einfach an das Niederschmelzen halten, so würde denselben ein unrichtiger, d. h. allzu tiefer Platz angewiesen, während die geringere Prüfungstemperatur ergibt, daß die Tone bis zu einem gewissen Hitzegrade sich auffallend gut halten, was uns also zur Klarstellung die notwendige Kombination beider Erscheinungen so recht eigentlich vor Augen führt. Die Bezeichnung der Prüfungstemperatur ergibt sich somit auch in diesem Falle als eine unerläßliche Bedingung und wird nur dadurch ein vollgültiges Urteil über das pyrometrische Verhalten erlangt, das sich für die Praxis ebenso bestimmt als brauchbar darstellt, aber im entgegengesetzten Falle fehlerhaft ausfällt.

Alle diese mehrfachen Unregelmäßigkeiten, welche, wenn sie auch im allgemeinen als Ausnahme zu betrachten sind, doch immerhin vorkommen und daher nicht übersehen werden dürfen, weisen also um so mehr auf die wiederholt bestätigte Erfahrung hin, daß bei den pyrometrischen Bestimmungen nie einseitig und überhaupt nicht vorsichtig und namentlich umsichtig genug verfahren werden kann. Es handelt sich hier, wie wir wiederholen, stets um ein zu erhaltendes Gesamtbild oder einen Überblick über alle modifizierenden Umstände.

Zum Schlusse möge noch die von mir früher als eigentümliche Schmelzerscheinung bezeichnete Überholung eines Tones durch einen anderen angeführt werden, wonach ein Ton a in niederer Temperatur eher erweicht als ein Ton b und dennoch der Ton a in höherer Temperatur sich ungleich länger ungeschmolzen erhält. Diese Tatsache findet ihre Erklärung in der obigen Darlegung, wonach das Erweichen eines erhitzten Tones nicht als eine Vorstufe des Schmelzens angesehen werden darf. Die Erweichung eines Tones, welche in unverhältnismäßig geringer Temperatur eintreten kann, gibt nichts weniger als ein Merkmal für ein eingetretenes Stadium des Schmelzens desselben ab.

Gehen wir über zu den Thesen, womit schließlich eine Zusammenstellung in kürzerer Form versucht werden soll.

Thesen.

1. Ein gebrannter Ton hält sich in der Regel etwas mehr widerstandsfähig, als der Rohton, was nachweisbar, wenn beide in einem gleich hohen Hitzegrade mit einander verglichen werden.

2. Das Erweichen eines Tones bei seiner Erhitzung kann nicht, und keinenfalls als eine unmittelbare Vorstufe des Schmelzens gelten [1]).

3. Das erste Eintreten des Aufblähens [2]) eines erhitzten Tones ist als ein beginnendes Schmelzen anzusehen, was bei wissenschaftlicher Feststellung einen Anhalt für einen bestimmten Anfangs-Schmelzpunkt (oder Deformierungspunkt, sei es infolge von Schmelzen oder Aufblähen) abgeben dürfte.

4. Das Schmelzen eines Tones wird durch die Umstände unter denen dasselbe vor sich geht, verändert, d. h. beschleunigt oder verzögert [3]).

5. Das Schmelzen der Tone ist kein einfacher Akt, sondern bildet das Produkt verschiedener Faktoren, die zudem in gewissen Fällen oder bedingt durch die Umstände, unbeherrschbar sein können. Ohne eine genaue Überwachung aller dieser Momente gibt das Schmelzen eines Tones kein Maß für einen bestimmt erreichten Hitzegrad.

6. Für das Niederschmelzen eines Tones ist nur ein gewisser Anhalt zu erlangen, wenn damit zugleich eine Temperaturangabe oder ein augenfälliges und als maßgebend erprobtes Merkzeichen verbunden wird, bei dem das Schmelzen beobachtet wurde.

7. Mit Hilfe gewisser geformter Tone, welche, sonst geschützt vor dem Einflusse von Nebenwirkungen infolge der Entstehung immer mehr flüssiger Verbindungen, mit der Steigerung der Temperatur verschiedene Körper- oder Schmelzformen in unverkennbarer Weise durchmachen, läßt sich bei den niederen bis mittleren Normaltonen innerhalb recht enger Temperaturgrenzen ein Anhaltspunkt (Indikator) für bestimmt wieder findbare Hitzegrade erlangen.

8. Von zwei Tonen, welche ungleichartig geschmolzen sind, ist derjenige als der leichter schmelzbare zu bezeichnen, bei dem der Bruch am homogensten erscheint.

9. Von zwei niedergeschmolzenen Tonen ist derjenige der leichter schmelzbare, welcher zu einem Glase (statt Email) zusammengeflossen ist.

10. Die Schmelzbarkeit der Tone wird beträchtlich beeinflußt und herabgedrückt durch Aufnahme von Ofenschlacke.

11. Der Temperaturabstand zwischen dem schmelzenden niedrigsten und schmelzenden höchsten Normalton beträgt auf das Quecksilberthermometer bezogen nicht bedeutend über 100° C.

12. Je höher die Prüfungshitze, um so mehr verwischen sich die Abstände zwischen den tieferen Normaltonen, welche alsdann bei geringerer Temperatur um so augenfälliger und entschiedener hervortreten. Bei den höheren Normaltonen findet das Umgekehrte statt.

13. Bei vollständigen und abschließenden pyrometrischen Ermittelungen handelt es sich um eine Reihe von Aufstellungen in sukzessive steigender oder abnehmender Temperatur.

---

1) Gibt es doch Tone, welche, trotzdem sie bei ca. 1500° und selbst noch früher erweichen, dennoch zu den recht hoch schwerschmelzbaren (F. über 80 Proz.) gehören. Aus dem Verhalten in niederen Hitzegraden läßt sich demnach auf das in hohen ganz und gar nicht schließen.

2) Ausgenommen sind schwefelkieshaltige Tone, bei denen die schweflige Säure erst in höherer Temperatur weggeht.

3) Für einwandfreie pyrometrische Bestimmungen ist zu beachten, daß auf die Versuchsscheibe nicht gleichzeitig verschiedene Proben gesetzt und mitgeglüht werden, um eine störende Beeinflussung untereinander zu vermeiden.

14. Die Mischung zweier selbst sonst nahestehender Tone stellt sich als weit vorherrschende Regel pyrometrisch etwas tiefer als das aus den Schmelztemperaturen berechnete arithmetische Mittel ergibt und macht sich dies bei gesteigerter Temperatur um so deutlicher bemerkbar. Die Mischung aus einer großen Durchschnittsmenge auch der gleichen Tonschicht verhält sich daher gewöhnlich etwas leichter schmelzbar oder stellt sich geringwertiger als ausgelesene Einzelproben.

15. Alle pyrometrischen Bestimmungen sind stets auf die Übereinstimmung von mehreren verschiedenen und als Regel abgeänderter Versuche zu begründen; die physikalischen Bestimmungen wie namentlich das Schwinden müssen bis zur Konstanz der Daten fortgesetzt werden.

16. Bei der Feuerfestigkeitsprüfungen ist überhaupt methodisch zu verfahren und eine nur allzu leicht trügerische vereinzelte oder einseitige Ermittelung auszuschließen. Aus stets doppelten oder umfassenden Versuchen, welche ein stimmendes Gesamtresultat anstreben müssen, läßt sich allein ein sicherer Anhalt für die pyrometrische Beurteilung gewinnen.

Folgen mögen nunmehr die bekannten Hilfsmittel, deren man sich zum Messen hoher Temperaturen zu bedienen versucht hat: die Pyrometer, Pyroskope und Seger'schen Kegel.

VI. Pyrometrie.

Pyrometer und Pyroskope, Segersche Kegel.

Bekanntlich versteht man unter Pyrometrie die Messung hoher Temperaturen, insbesondere solcher, die sich mit dem Quecksilberthermometer nicht mehr messen lassen. Zuverlässige und zugleich leicht ausführbare Messungen hoher Temperaturen sind, so oft dies wie bei jeder schwierig zu lösenden Frage angestrebt worden, und trotzdem es an vorgeschlagenen verschiedenartigsten Mitteln und Instrumenten, den sogenannten Pyrometern, nicht irgendwie fehlt, auch heute noch für die technische Praxis das große und nur teilweise erreichte Ziel. Bilden doch infolge der außerordentlichen Wichtigkeit die Pyrometer gleichsam den Tummelplatz für unzählige, mitunter selbst sehr scharfsinnig erdachte und ausgeführte Versuche, und sind alle Gebiete der Wissenschaft, vornehmlich Physik und Technik, dabei herangezogen worden.

Von den Pyrometern sind, soweit dies trotz vielfacher Verwirrung möglich ist, bestimmt zu unterscheiden die Pyroskope, welche auch als Fabrikpyroskope mit häufig nur konventioneller und subjektiver Bedeutung bezeichnet werden und bloß für technische Zwecke bestimmt sind, während die Pyrometer in erster Linie zu wissenschaftlichen Bestimmungen dienen. Zu den Pyroskopen benutzt man meist schmelzende Substanzen, sinternde, emailartige oder verglasbare Gemische (Silikate, Glasuren, Schmelzfarben usw.) oder nimmt auch anderweitig sich bietende Merkmale zu Hilfe, welche anzeigen sollen, daß ein gewisser Hitzegrad erreicht worden ist.

1. Pyrometer.

Was die Pyrometer und vor allem deren Zuverlässigkeit angeht, so steigern sich die zu überwindenden Schwierigkeiten ganz unverhältnismäßig mit der Höhe des zu bestimmenden Temperaturgrades. In kurzer und doch zugleich

meist schlagender Weise sind die Fehler oder Mängel, welche den bis jetzt bekannten Pyrometern anhaften, soweit sie zugleich für den praktischen Gebrauch in Fabriken bestimmt sein sollen, von Seger in einem Vortrage[1]) dargelegt worden. Die wichtigsten Verfahrungsweisen wurden dabei durchgegangen, wofür sich dann durchweg ein mehr oder weniger negatives Resultat oder höchstens eine beschränkte Brauchbarkeit[2]) herausstellte. Pyrometer, die sich für Wärmemessungen als unbrauchbar erwiesen, wie z. B. das von Wedgewood, welches bekanntlich auf dem Schwinden von Ton beruhte (cf. der Verf. Notizbl. 1888, Heft 2) sind hier zu übergehen.

Die älteren Ausführungen von Seger vervollständigend folgen wir jetzt bis auf das weiter unten besonders abgehandelte Le Chateliersche Pyrometer den neuern eingehenden und große Sachkenntnis bekundenden Abhandlungen von E. Cramer[3]). Unter Festhaltung der früheren Einteilung ordnet derselbe die Pyrometer in solche welche beruhen: a) auf der Größenveränderung von Körpern durch die Wärme, d. h. auf der Ausdehnung flüssiger, fester oder luftförmiger Körper, b) auf elektrischen Erscheinungen, c) auf der Verteilung der Wärme, d) auf der Änderung des Aggregatzustandes, e) auf pyrochemischen Vorgängen und f) auf optischen Erscheinungen.

Hierhin gehört zunächst das Quecksilberthermometer, welches aber über etwa 350° (Siedepunkt des Quecksilbers) nicht ausreicht. Gelingt es auch unter Anwendung komprimierter Gase eine höhere Temperatur damit noch zu messen, so ist doch mit Verläßlichkeit über eine Steigerung bis zu 550° nicht hinauszugehen.

Für höhere Temperaturen sind daher andere Mittel und Methoden zu wählen, welche alle auf der einen Grundlage, d. h. den verschiedenen Wirkungen beruhen, welche die Wärme hervorzubringen vermag.

a) Ausdehnung der Metalle oder fester Körper überhaupt. — Bei den auf der Ausdehnung der Metalle durch die Wärme beruhenden Apparaten begegnen wir dem Hauptübelstande, daß die Metallstäbe bei wiederholtem Gebrauch nicht konstant bleiben und dadurch der Nullpunkt eine stete Verrückung erleidet. Ein völliges Versagen tritt so bereits bei Rotglühhitze ein. Hierhin ist ferner zu rechnen das sogenannte Graphitpyrometer, welches aber eine ähnliche Schattenseite zeigt, daß sich mit der Erhitzung der Zustand der kleinsten Teilchen ändert und daher das Pyrometer nach jedesmaligem Gebrauch wieder genau eingestellt werden muß.

b) Ausdehnung luftförmiger Körper. — Ein Thermometer wird mit Luft oder Stickgas gleichsam gefüllt und als Gefäß Porzellan oder Platin benutzt. Diese Luftthermometer, welche innerhalb gewisser Grenzen genaue Angaben liefern, lassen sich in der Praxis nicht anwenden, da die Bestimmungen sehr sorgfältig und durch einen wissenschaftlich gebildeten Beobachter vorzunehmen sind. Ferner wird das Platin bei gesteigerter Temperatur porös und das Porzellan weich.

c) Elektrische Pyrometer. — Dieselben zerfallen in zwei Arten, in Leitungswiderstandspyrometer und sogenannte Thermoelemente. Bei ersteren wird der mit der Höhe der Temperatur zunehmende Widerstand innerhalb eines

---

1) Gehalten gelegentlich der Gen.-Vers. des Vereins deutscher Fabrikanten feuerfester Produkte. Tonind. 1891, No. 12.

2) Hiermit stimmen auch andere, welche Versuche anstellten, überein. Vgl. Bayer. Gewbl. 1890, No. 12 u. 13.

3) Tonind.-Ztg. 1902, No. 79 u. folgende.

elektrischen Stromes gemessen. Für die Thermoelemente benutzt man die Beobachtung, daß zwei verschiedene aneinander gelötete Metalle beim Erwärmen Elektrizität entwickeln und im allgemeinen um so mehr, je höher die Lötstelle erhitzt wird. Die Stärke der Elektrizität mißt man dann in üblicher Weise.

d) Wasserstrompyrometer. — Man leitet durch ein im Ofen angebrachtes Kupferrohr einen Strom Wasser von einer bestimmten Temperatur und mißt nun die Erwärmung, welche das Wasser erfährt. Die Methode ist abhängig von der Durchlässigkeit des kupfernen Rohres für die Wärme, welche aber sehr beeinflußt wird durch Auflagerungen von Ruß oder Freisein davon. Dazu kommt, daß die Handlichkeit eine geringe und die Einrichtung eine umständliche ist. Ein beständiges und fehlerfreies Mittel zur Wärmeabgabe kann daher dieses Pyrometer nicht abgeben.

e) Knallpyrometer. — Auf der Verteilung der Wärme in festen Körpern beruht das patentierte Thermophon oder Knallpyrometer von Prof. Wiborgh. In kleine mit einer Metallkapsel verschlossene Zylinderchen aus feuerfestem Ton wird eine ungefährliche Sprengstoffmenge eingelegt, welche bei einer bestimmten Temperatur explodiert. Dieselben wirft man auf die Stelle, deren Temperatur bestimmt werden soll. Je nach der Zeit, die bis zur Explosion vergeht, wird auf die Höhe der Temperatur geschlossen. Diese Zeit ist aber eine sehr kleine, wobei es sich um Teile einer Sekunde handelt, deren sichere Feststellung in der Praxis keinesfalls so leicht zu erreichen ist, und sind ohne eine elektrische Uhr die Beobachtungen nicht anzustellen. Der Erfinder gibt denn auch an, daß das Thermophon kein wissenschaftlicher Temperaturmesser und nur für den praktischen Gebrauch bestimmt sei. Tonind.-Ztg. 1896 S. 744.

f. Optisches Pyrometer. — Kurz erwähne ich noch die optischen Pyrometer von Mesuré und Nouel und von Wanner, die auf der Polarisation des Lichtes und den damit zusammenhängenden Farbenerscheinungen beruhen. Hinsichtlich der näheren Beschreibung sowie der Abbildungen der Instrumente sei verwiesen wie bereits vorstehend angegeben auf Cramers Vortrag. Ersteres ist nach Versuchen von Dr. Hecht für höhere Temperaturen nicht verwendbar und verlangt für den praktischen Gebrauch mehrfache umständliche, kostspielige und dabei unsichere Zurichtungen [1]), was bei dessen praktischer Anwendung nicht zu übersehen ist.

Schmelzen der Metalle und Legierungen. — Mit den unedlen Metallen lassen sich wegen der Oxydierbarkeit derselben im allgemeinen nur die niederen aber für keramische Zwecke nicht ausreichenden Temperaturgrade bestimmen. Bei den edlen Metallen und den Gold-Silber-Legierungen sind, unter der Voraussetzung, daß dieselben chemisch rein sind und auch so erhalten bleiben, die Bestimmungen ohne Tadel (umfassen indeß nur einen Temperaturunterschied von etwa 125° C), während für die Platin-Gold- oder Platin-Silber-Legierungen, die an Platin reichen, keinen so scharf bestimmbaren Schmelzpunkt mehr geben. Sie lassen eine gold- oder silberreichere Legierung ausfließen, und es bleibt eine schwammartige platinreichere Legierung längere Zeit stehen, welche allmählich niedergeht. Will man dieser Behinderung des momentanen Eintretens des Schmelzens entgehen, so muß der Platingehalt unter 15 Proz.

1) Was hier beiläufig bemerkt die üblichen Farbenbezeichnungen beim Glühen, wie dunkelrot, hellrot, kirschrot etc. angeht, so geben diese Schätzungen der Glutfarben nach Howe pyrometrisch keinen irgend sicheren Anhalt. Chem. Z. 1890.

betragen [1]). Eine Legierung von 15 Proz. entspricht einer Temperatur von 1180° C. Anders, wie bereits oben dargelegt wurde, steht es mit dem Platin für sich, wenn dasselbe bei der Erhitzung nur rein erhalten wird. Nach Versuchen des Verfassers bietet dasselbe ein bestimmtes Maß für einen sehr hoch gesteigerten Temperaturgrad. Soll noch höher gegangen werden, so läßt sich Iridium oder für Zwischenstufen eine Legierung von Iridium mit Platin anwenden, wie dies von Le Chatelier und Roberts-Austen versucht worden ist. (Chem. Centbl. 1892.)

Abgesehen von der bezeichneten Beschränkung, der Verzögerung des Schmelzpunktes bei platinreicheren Legierungen mit Gold, wozu für eine alltägliche und reichliche Benutzung der Metallpyroskope in den ausgedehnten und kontinuierlichen Brennöfen der hohe Preis kommt, bietet, wie gesagt, die Anwendung der fast momentan schmelzenden und wie weiter folgt auf kalorimetrischem Wege bestimmten edlen Metalle für vergleichende Temperaturmessungen einen wissenschaftlich hohen Vorzug dar, weshalb dann bei sorgsamer Beobachtung der gebotenen Vorsichtsmaßregeln, diese als Pyrometer anzusprechenden Pyroskope und eine hierauf beruhende Skala, wie Aufstellungs- und Beobachtungsweise noch besonders angeführt werden sollen.

Für keramische Brennöfen stellen sich allerdings die Kosten als bedeutend heraus, da dünner Draht oder feine Platten bei den beträchtichen Dimensionen dieser Öfen zur genügenden Erkennung nicht ausreichen, und man daher dicker und längerer Stäbe und bei einem kontinuierlichen Betriebe in großer Anzahl, bedarf.

Eine Skala von Metallpyroskopen ist von der deutschen Gold- und Silberscheideanstalt in Frankfurt a/M. zusammengestellt worden, welche unter der Bezeichnung Metallpyrometer in den Handel kommen. Sie haben die Form von dünnen und schmalen Blechstreifen, die behufs Beobachtung des Schmelzens zu einem Regulus in mit Magnesia gefüllten feuerfesten Tiegelchen, Schälchen oder in abgeplatteten Kaolinkugeln befestigt, da Aufstellung finden, wo die Temperaturbestimmung vorgenommen werden soll.

Zu der Skala werden benutzt folgende Metalle und Legierungen:

800 Tl. Silber, 200 Tl. Kupfer schmilzt bei	850° C
(oder auf 100 bezogen 80+20)	
950 Tl. Silber, 50 Tl. Kupfer schmilzt bei	900° C
Feinsilber . . . . „ „	954° C
400 Tl. Silber, 600 „ Gold „ „	1020° C
Feingold . . . . „ „	1075° C
950 Tl. Gold 50 „ Platin „ „	1100° C
900 „ „ 100 „ „ „ „	1130° C
850 „ „ 150 „ „ „ „	1160° C
800 „ „ 200 „ „ „ „	1190° C
750 „ „ 250 „ „ „ „	1220° C
700 „ „ 300 „ „ „ „	1255° C
600 „ „ 400 „ „ „ „	1320° C
500 „ „ 500 „ „ „ „	1385° C
Platin . . . . „ „	1775° C

1) Die platinreicheren Legierungen schmelzen, wenn sie längere Zeit in der betreffenden Temperatur bleiben, zusammen und geben so ein Maximalmaß, daß die Temperatur erreicht war, doch da dieselben nicht so momentan schmelzen, erfahren sie namentlich bei rascher Temperatursteigerung eine gewisse Überhitzung.

Nach den oben bereits erwähnten sorgfältigen Bestimmungen von Violle (Comptes rendus Bd. 85, 1879 S. 12) entsprechen die angegebenen Temperaturen, bezogen auf das allgemein als das zuverlässigst geltende Luftthermometer, dem Schmelzpunkte des Silbers, Goldes und Platins [1]. Das Kupfer schmilzt bei 1400°, (das Zink siedet bei 920,6°), das Palladium schmilzt bei 1500° und das Iridium bei 1950°. Nahe und teilweise völlig übereinstimmende Zahlen fanden, wie angegeben, Ehrhard und andere. (Töpf.- u. Ziegl.-Ztg. 1880, Nr. 39).

Die Schmelzpunkte der chemisch reinen Metalle sind ja wissenschaftlich sorgfältig mittelst des Kalorimeters und von verschiedenen Forschern, zum Teil genau oder nahe zutreffend ermittelt worden, die der Legierungen wurden von Princeps bestimmt und mit Hilfe des Porzellanluftthermometers in befriedigender Übereinstimmung von Ehrhard und Schertel [2]) festgestellt. Das Schmelzen ist mit Ausnahme der platinreichen Legierungen, wofür jedoch eine bestimmte Grenze sich ziehen läßt, ein momentanes. Wendet man auf 100 Gold mehr als 15 Proz. Platin an, so findet wie gesagt um so weniger ein Schmelzen in einem Akte statt, je platinreicher die Mischung ist. Eine außerordentlich große Verzögerung des Schmelzpunktes eines Metalls tritt, was hier als auffallende Erscheinung zu bemerken ist, nach Versuchen des Verfassers (1886) ein, wenn man dasselbe in reiner Tonerde völlig fest einschließt.

Andererseits erleiden, was als Hauptpunkt bei diesen Bestimmungen nicht zu übersehen ist, die Schmelzpunkte der Metalle eine Veränderung durch Aufnahme von fremden Stoffen, besonders Kohlenstoff und Silizium, wodurch der Schmelzpunkt merklich und beim Platin (m. s. oben) bedeutend herabgedrückt wird. Diese Aufnahme findet unter Gewichtszunahme entweder direkt bei Berührung mit Kohle statt oder nach Schützenberger und Colson im dampfförmigen Zustande, vielleicht als flüchtiges Stickstoffsilizium [3]. Neuere Untersuchungen bekundeten selbst ein Wandern des Siliziums durch reine Kohle ins Platin [4]. Streng muß demnach überwacht werden, daß eine Kohlenstoff- wie Siliziumaufnahme nicht stattfinde, eine Unterlage von Kieselsäure oder eine unmittelbare wie mittelbare Berührung mit Kohle vermieden werde und ist tunlichst darauf zu sehen, daß statt kohlereicher und reduzierender Brenngase ein Überschuß von Luft oder Sauerstoff vorhanden ist. Werden diese Umstände übersehen, so bleibt, wie wir wiederholen, ein Zutreffen der Bestimmung zweifelhaft und ist eine Herabminderung des Schmelzpunktes anzunehmen. Beachtet man dagegen, wo es auf eine größtmögliche Genauigkeit ankommt, die bezeichneten Verzögerungen oder Beschleunigungen des Schmelzpunktes mit Hilfe luftdichten Einschlusses in einer Tonerdekapsel und berücksichtigt sorgfältig die gesteckten Grenzen, so können die Metalle wie die Legierungen als die bis jetzt verhältnismäßig sichersten Pyroskope an Stelle eigentlicher Pyrometer gelten, die nicht bloß einen bestimmten Temperaturgrad und namentlich Maximalgrad wieder erkennen lassen, sondern ein festes Maß dafür abgeben.

Aufstellung und Beobachtung. — Ist die zu bestimmende Temperatur annähernd bekannt, so setzt man für die Messung drei Metallpyroskope

---

1) Nach Ferd. Fischer berechnet sich unter Berücksichtigung der spezifischen Wärme des Platins die Schmelztemperatur desselben zu 1779° C und noch etwas niedriger. (Dingl. Journ. 230, S. 325.)

2) Sächs. Jahrb. für Berg- u. Hüttenwesen 1879.

3) Chem. Centralbl. 1882, No. 39.

4) cf. ferner des Verf. Besprechung der Schrift Jochums: Die Bestimmung der techn. wichtigsten phys. Eigenschaften usw. Berlin 1885.

ein, von denen das eine dem wahrscheinlichen Temperaturgrad entspricht, das zweite einen niederen, das dritte einen höheren anzeigt. Bei Benutzung einer größeren Reihe derartiger Pyroskope liegt der gesuchte Temperaturgrad als ein etwa mittlerer zwischen dem letzten geschmolzenen und dem ersten ungeschmolzenen Metall oder der Legierung.

Kalorimeter. — Das Kalorimeter, welches an sich bei geübterer Behandlung verhältmäßig die sichersten Resultate [1]) gibt, reicht für die höchsten Temperaturen nicht aus. Dasselbe besteht wie bekannt aus einem kupfernen zylindrischen Gefäß, welches mit schlechten Wärmeleitern, Filz und Holz, umhüllt ist und mit Wasser gefüllt wird. In dem zu messenden Feuer wird dann ein Block, gewöhnlich von Eisen oder Platin im Gewichte von etwa 100 g, erwärmt und der erwärmte Block nun unter der Vorsichtsmaßregel, keine Wärme zu verlieren, in das Wasser hineingeworfen und die Temperaturerhöhung mittelst eines feinen und zuverlässigen Thermometers gemessen. Man würde so theoretisch am richtigsten die Temperatur aus der Wärmekapazität des kupfernen Behälters, der Menge des Wassers und der Temperaturerhöhung, also der Summe der durch den Eisen- oder Platinblock hineingebrachten Wärmemenge, messen können wenn die spezifische Wärme des Eisens oder Platins nur bei hoher Temperatur dieselbe wäre, wie bei niedriger, man hat sie aber nur für letztere bestimmen können. Für hohe Temperaturgrade kennt man die spez. Wärme nicht, man weiß nur, daß sie eine andere ist.

Ferner, wie wir hinzufügen, verdient unter den kalorimetrischen sowie Wärmeübergangs-Pyrometern ein solches hervorgehoben zu werden, dessen sich Krupp in Essen auf seinen Eisenwerken bedient. Dasselbe beruht darauf, die Temperatur eines Gemisches des heißen zu untersuchenden Gases mit kalter Luft zu messen und nach einer Erfahrungsformel auf die Temperatur des ersteren zu schließen. (Rev. univ. 1887.)

Ein gleiches Prinzip wendet Hobson an, welcher die heiße Gebläseluft in einem bestimmten Maße mit ungewärmter mengt, dann die Temperatur des Gemenges mittelst eines gewöhnlichen Quecksilberthermometers abliest. Ein vorbereitender Versuch über das Verhältnis zwischen der abgelesenen und der wirklichen Gebläsewärme muß selbstredend in jedem besonderen Falle ausgeführt werden. (Tonind.-Ztg. 1883, Nr 29).

Ein ähnliches aber hinsichtlich des Messungsobjektes wesentlich verschiedenes Pyrometer wurde dem Magdeburger Verein für Dampfkesselbetrieb patentiert (D. R.-P. Nr. 54611).

Gemessen wird dabei die Geschwindigkeit, mit welcher die Wärme von der zu untersuchenden Wärmequelle auf einen andern Körper übergeht. Die gefundenen Werte werden alsdann mit den bei bekannten Temperaturen erhaltenen Werten verglichen. Bringt man z. B. die Kugel eines Thermometer in einen erwärmten Raum, dessen Temperatur bestimmt werden soll, so steigt das Quecksilber in dem Thermometerrohr empor und berührt einen untern Kontakt. Dadurch wird eine elektrische Leitung geschlossen. Der Elektromagnet derselben bringt einen Schreibstift mit einem

1) Man vergl. Post, welcher, wie Fischer und andere, die kalorimetrische Methode als die zur Zeit für wissenschaftliche wie technische Zwecke empfehlenswerteste bezeichnet. (Post, Chemisch-technische Analyse 1882, S. 41 u. 55.) Inbetreff der Abbildungen des Kalorimetes sei verwiesen auf den neuesten Katalog (1902) von Dr. H. Rohrbeck in Berlin, worin sich Zeichnungen von verschieden abgeänderten und verbesserten Apparaten befinden.

Papierstreifen in Berührung, der durch ein Uhrwerk mit bekannter Geschwindigkeit an dem Schreibstift vorbeigezogen wird, so daß dieser eine Linie auf dem Papier beschreibt. Ist das Quecksilber weiterhin bis zu einem höher liegenden Kontakt gestiegen, so wird durch einen anderen Elektromagneten ein zweiter Schreibstift in Tätigkeit gesetzt, welcher neben der ersten eine zweite Linie auf dem Papierstreifen verzeichnet. Aus der Länge der einfachen Linie ergibt sich die Geschwindigkeit des Wärmeüberganges und daraus, wie oben bemerkt die Höhe der beobachteten Temperatur. (Dinglers polyt. Journ. 281, 1891, S. 144).

Schließlich mögen noch die Hauptgrundsätze kurz erwähnt werden, an denen bei der Herstellung wie Benutzung der Pyrometer unabweislich festzuhalten ist.

1. Die zu den Pyrometern benutzten Versuchskörper oder die Konstanten dürfen sich beim Gebrauch nicht verändern, besonders aber keine Veränderung des Schmelzpunktes erfahren.

2. Die Pyrometer müssen in ihren Angaben stetig kontrolliert werden, und ist daher Bedingung, daß alle dabei in Frage kommenden Umstände kontrollierbar und berechenbar sind.

2. Pyroskope (Schmelzanzeiger).

Unter den schon länger in verschiedener Substanz und Zusammensetzung wie auch mannigfacher Form bekannten Pyroskopen, welche in der Regel ihrem besonderen Zwecke von Fall von Fall und oft lokalen Umständen anzupassen sind, werden Hilfs- und Beobachtungsmittel zur annähernden Messung der Temperatur glühender Körper verstanden. Zur Beobachtung sind Schauöffnungen in den Brennröhren anzubringen, wobei zweckmäßig Lochsteine aus Schamotte angewendet werden. (M. s. weiter Ziegel u. Zement 1897 No. 18.) Sie zeigen nur Maximalwirkungen an, Zwischenstufen oder Schwankungen in der Temperatur wie ein Rückwärtsgehen lassen sie nicht erkennen. Die einheitliche Basis soll auch hier, wie für alle derartigen Ermittelungen, die Thermometerskala oder die Reduktion darauf, soweit dies möglich ist, bilden. Die Pyroskope sind vornehmlich da von Wichtigkeit, wo es sich um die Herstellung von Fabrikaten besserer Qualität handelt.

Bei der Anwendung eines Pyroskops muß für die Praxis als Bedingung gelten, daß es wohlfeil ist, genügend sichtbar aufgestellt wird und sich leicht, auch von dem gewöhnlichen Arbeiter, benutzen läßt. Selbstverständlich geben die Pyroskope bei Messung der Temperatur in einem Ofen nur die des Standortes an und sind sie daher an verschiedener Punkten des Ofens zu verteilen.

Als erfahrungsmäßig ältestes Pyroskop ist gewissermaßen die Beobachtung und Feststellung der beim Garbrande von Tonwaren eintretenden Schwindung des ganzen oder teilweisen Ofeneinsatzes zu bezeichnen. Bei allen Tonen, welche im Feuer merklich (über 2 Proz.) schwinden und bei denen der Sinter- und der Schmelzpunkt nicht sehr nahe beieinander liegen, wird angenommen, daß sich die erforderliche Brenntemperatur leicht empirisch und genügend zutreffend feststellen läßt. Der Brenner ermittelt unter öfterer Probenahme wieviel Prozent oder wieviel Millimeter der Ofeneinsatz bis zum Eintritt der gewünschten Gare der Ware geschwunden ist oder bei den feuerfesten Fabrikaten, wann ein gewisser Endpunkt der Schwindnng eingetreten ist und verschafft sich so ein ablesbares Maß[1]), wann jedesmal das Feuer einzustellen ist. Bei den wenig

---

1) Beim Ringofenbetrieb benutzt man eine Eisenstange, an deren Ende eine

schwindenden Tonen oder bei denen Sinter- und Schmelzpunkt nahe zusammenfallen, fertigt Dannenberg dünne, wenig breite aber lange Streifen aus dem zu brennenden Tonmaterial an. Dieselben werden in Schächtchen den Schaulöchern gegenüber so angebracht, daß sie an den Enden horizontal aufgelagert, unten hohl liegen, und beobachtet man nun deren Krummwerden, was bei den nicht dicken Streifen und deren rascherem Durchglühen eher eintritt, als bei dem dickern Brenngut. (Tonind.-Ztg. 1883, No. 16.)

Irgend ein Anhalt wird bei diesem auf der Erweichung der Tonmasse beruhenden Kennzeichen wohl erhalten, sofern man darauf sieht, daß das Material der Probestreifen und des Brenngutes völlig identisch und beide unter denselben Umständen die gleiche Behandlung erfahren. Ein Anbringen der Probestreifen an möglichst vielen Stellen des Einsatzes soll dabei zugleich über den Ofengang belehren.

Eines auf der Schwindung eines bestimmten Tongemenges beruhenden Pyroskops, welches teilweise dem von Ricklefs ähnlich ist, bedient man sich in der Steingutfabrik von Villeroy & Boch in Mettlach.[1]) In den Ofen hineinreichend sind 4 oder 6 feuerfeste Tragsteine verteilt, deren Oberfläche eine Rinne und einen Absatz hat, durch welche eine darauf gelegte Röhre eine feste Lage und Anstoß erhält. Diese Röhre aus fettem Ton und Porzellanerde in gleichbleibender Komposition ist es, welche durch ihre Schwindung den Hitzegrad empirisch anzeigt. Es ist nämlich in dieselbe ein Nagel von stark gebranntem und dadurch indifferent gewordenem feuerfesten Ton gesteckt, dessen Kopf sich an die Mündung der Röhre andrückt, während sein anderes Ende aus derselben vorsteht und durchlocht ist, um eine feine Drahtschnur zu befestigen. Diese läuft nun in Verlängerung des Nagels durch eine Öffnung in der Ofenwand, außerhalb derselben aber über eine kleine Rolle, welche eine gemeinschaftliche Achse mit einem Zeiger hat, und ist an ihrem Ende durch ein Gewicht beschwert und gespannt. Man sieht, daß sich mit der Schwindung des Rohrs von der beschwerten Schnur der Nagel vorwärts bewegt und die Rolle gedreht wird, mit dieser aber zugleich der vorher auf Null eines Zifferblatts gestellte Zeiger vorwärts rückt. Mit Hilfe des Instruments soll sich der allmähliche Gang des Ofens und sein höchster Hitzegrad an verschiedenen Stellen ersehen lassen, und wird behauptet, daß es sich seit vielen Jahren in den verschiedenen Fabriken der Firma bewährt und in steter Anwendung erhalten habe. Anzuführen ist hier kurz das erwähnte bekannte Pyrometer oder vielmehr Pyroskop von Wedgewood, das sich als gänzlich unzuverlässig erwiesen hat. Tonerde sowie Tone oder tonähnliche Gemenge sind mit Ausnahme etwa vereinzelt herausgegriffener beschränkter Anhaltspunkte, als physikalisches Pyrometer unbrauchbar. (cf. der Verf.: Schwindung der Tonerde und das Wedgewoodsche Pyrometer, Notizbl. 1888, Heft 2).

Mehr als eigentliche Pyroskope sind statt der erwähnten Streifen anzusehen Prüfkörper oder Prüfsteine, die man aus derselben Masse wie die zu brennenden

---

Blechscheibe angenietet ist. Die Eisenstange ist mit Centimeterteilung versehen, auf derselben ist ein verschiebbarer Index angebracht, welcher an beliebiger Stelle festgeschraubt werden kann. (Tonwaren-Industrie 1883, No. 31, Beil.)

Ein viel empfindlicherer ähnlicher Kontrollapparat wurde, wie oben angegeben, von Ricklefs (Tonind.-Ztg. 1894, No. 38) konstruiert. Nach Mitteilung in der Töpfer- u. Ziegler-Ztg. 1897, No. 19 hat sich dieser Apparat in der Praxis bewährt.

1) cf. Amtlicher Bericht über die Wiener Weltausstellung. Industrie der Stein-, Ton- und Glaswaren, S. 62.

Fabrikate herstellt und an verschiedenen Stellen der Brennapparate anbringt. Dieselben werden dann, wenn der Brand vorgeschritten, herausgenommen und dem äußeren Ansehen nach beurteilt. Auch werden die Prüfsteine an den heißesten Stellen des Ofens eingesetzt, um zu beachten, wann diese die Gare erlangt haben, woraufhin dann erfahrungsmäßig das Feuer abgeschwächt wird. So benutzt man beim Steinzeugbrande um gleichmäßige Sinterung des Warengutes zu erreichen, einfach eine Anzahl Kontrollproben von derselben Steinzeugmasse und bringt diese oben im Ofen wie auch unten im Einsatz um zwei Steinlagen tiefer an, als die Steinzeugware gesetzt wird.

Ringe oder Scheiben, aus verschiedenen Stoffen, deren Schmelzpunkt eine Art Temperaturskala bildet, sind schon früher vorgeschlagen worden [1]).

Schon seit längerer Zeit wurden auf der Brieger Fabrik als Pyroskope Feldspatkegel benutzt. Man versetzte feinst zerriebenen Feldspat mit so viel feuerfestem Ton [2]), bis eine Mischung erhalten wird, welche erfahrungsmäßig in der erforderlichen Brenntemperatur susammenschmilzt, macht die Masse mit Wasser an und formt daraus Kegel oder Tetraeder 4—5 cm hoch und 1,5 cm an der Basis, die an verschiedenen maßgebenden Punkten des Ofens sich aufstellen lassen. Es wird gefeuert, bis diese Kegel anfangen sich aufzublähen „dick zu werden", also beginnendes Schmelzen zeigen und alsdann sich deutlich verflachen, was man durch ein mit Marienglas oder Tafelglimmer geschlossenes Schauloch verfolgt. Mit Hilfe dieses verhältnismäßig einfachen Verfahrens, das leichter ausführbar ist als das Ziehen von Probeziegeln oder Probegeschirren usw. läßt sich konstatieren, daß mitunter recht bedeutende Schwankungen in der Brennzeit vorkommen, und wie wichtig es daher überhaupt ist, sich einer solchen Kontrolle zu bedienen.

Die bezeichneten Feldspatkegel, statt deren man sich auch sonstiger durch Erfahrung erprobter Materialien bedienen kann, können innerhalb gewisser Grenzen von Fall zu Fall als Indikator für die erfahrungsmäßig ermittelte, notwendig zu erreichende und oft keinenfalls zu überschreitende Temperatur dienen. Beim Brennen der feuerfesten Fabrikate fällt diese Maximalgrenze weg oder ist nicht so ängstlich zu beobachten; dagegen ist es hierbei um so wichtiger, daß das bestimmte Maximum, ohne welches keine genügende Dichtigkeit, Festigkeit, Unveränderlichkeit erreicht wird, eingehalten und kontrolliert wird. Die Feldspatkegel geben so aber nur ein Mittel ab, mittelst dessen der zum vollständigen Brennen der feuerfesten Ware erforderliche Hitzegrad sich erkennen läßt. Will man weiter gehen und auf diese Weise einen wenigstens einigermaßen engern Anhalt dafür erlangen, in wie weit der bestimmte Hitzegrad erreicht und nicht wesentlich überschritten wurde, so kann man sich ähnlich, wie bereits oben bei den Pyroindikatoren angegeben wurde, eine Reihe (mindestens drei Stück) von solchen Kegeln darstellen, in welcher außer dem Normalgemenge auch Mischungen mit mehr oder weniger Tonzusatz eingesetzt werden und beobachtet dann das Verhalten dieser hinter einander aufgestellten Pyroskope unter sich. Ist z. B. der vordere Kegel an dem heißesten Punkte zusammengeschmolzen, so gibt man acht, wann der zweite hintere dick

1) Naumburger Töpfer-Ztg. 1878, No. 14.

2) Mit der Menge des feuerfesten Tones wächst hierbei die Schwerschmelzbarkeit. Umgekehrt für niedrigere Hitzegrade nimmt man Feldspat mit steigendem Zusatze von kohlensaurem Kalk oder Gips usw.

wird. Es lassen sich so im großen und ganzen feinere Temperaturabstände beobachten.

Jochum wendet als Pyroskop die erwähnte Mischung von Feldspat und Gips an, welche zum Brennen von gelben Steinzeugplatten dient. Beide Bestandteile werden fein gemahlen, dann sorgfältig trocken gemischt, mit Wasser angemacht, hierauf tüchtig durchgeknetet und mit der Hand zu Pyramiden geformt, welche, sobald der Gips zu binden beginnt, mit einem Zinkmesser ungefähr zu 10 cm hohen, scharfkantigen und spitzen Pyramiden zugeschnitten werden. Auf 10 Vol.-Tl. Feldspat wurden so genommen 2, 1 1/2, 1 und 1/2 Vol.-Tl. Gips. Nach dem Trocknen werden je drei solcher Pyramiden von der ersten Mischung und dazu drei von der zweiten in einen Ofen oder einer Kammer so eingesetzt, daß je zwei ungleichartige auf der linken wie auf der rechten Seite und in der Mitte des Ofens in 2/3 Höhe des Einsatzes zu stehen kommen. Dieselben werden zu beiden Seiten mit auf die Hochkante gestellten, bereits gebrannten feuerfesten Steinen geschützt und mit einem dritten überdeckt. Die Unterlage ist eine Schamotteplatte oder ein feuerfester Stein. Durch Schaulöcher in der Ofenwand werden die Kegel betrachtet, und sobald die erste Mischung zu schmelzen beginnt weiß der Brenner, daß er nunmehr mit aller Vorsicht zu Werke gehen muß, denn schmilzt die zweite Mischung zusammen, so würde die Erhitzung für die betr. Waare zu hoch sein. Jochum machte dabei die Beobachtung, daß die Mischung möglichst innig sein muß, immer dieselbe genaue Quantität Wasser zum Durchkneten zu nehmen ist und namentlich die Pyramiden vor Flugasche zu schützen sind. Bei Beachtung dieser Vorsichtsmaßregeln funktionierten die Pyroskope meist ihrem Zweck entsprechend. (Sprechsaal 1888, Nr. 7).

Auch hat man für die gewöhnliche Ziegelindustrie Ton mit Bleiglätte versetzt. Es werden so auf 100 Gewichtteile Ton 10, 20 usw. bis 60 Gewichtteile Glätte genommen. Die Gemenge werden mit Wasser angemacht, gut durchgeknetet und daraus Stäbchen von ca. 50 mm Länge und ca. 5 mm Dicke geformt. Dieselben stellt man auf einer Unterlage aus feuerfestem Ton so auf, daß sie nicht genau vertikal, sondern etwas schräg stehen. Es werden zwei Stäbchen eingesetzt, von denen das eine sich umbiegen soll, wenn die Garbrandtemperateur erreicht ist, während von dem andern angenommen wird, daß es seine ursprüngliche Form behalte. Das Pyroskop aus 100 Ton und 30 Glätte soll sich biegen bei ca. 980°, das mit 60 Glätte bei ca. 930° und das mit 40 Glätte bei Silberschmelzhitze (ca. 956°). Bei dieser Verwendung des Bleioxyds darf als wesentliche Fehlerquelle nicht übersehen werden, daß dasselbe beim Glühen sich verändert. Es findet eine Reduktion zu metallischem Blei statt, welches aussickert oder auch verdampft.

Feller benutzt für die gewöhnliche Ziegelindustrie einen Ton, welchem außer Bleiglätte 4 bis 5 Proz. Eisenoxyd und 20 bis 25 Proz. kohlensaurer Kalk zugesetzt werden.

Als besonders leicht schmelzbare Kegel für die Ziegelfabrikation verweist E. Cramer[1]) auf ein bei 960° C schmelzendes Glas von der stöchiometrischen Zusammensetzung

$$\left.\begin{matrix}0{,}5\ NaO\\0{,}5\ CaO\end{matrix}\right\}\ 0{,}2\ Al_2O_3\ \left\{\begin{matrix}2\ SiO_2\\B_2O_3\end{matrix}\right.$$

1) Töpfer- u. Ziegler-Ztg. 1891, No. 8, sowie Tonindustrie-Ztg. Forts.



welches zusammengeschmolzen wurde aus folgenden Bestandteilen:

191 Th. krystallisierter Borax
50 „ Marmor
52 „ Zettlitzer Kaolin
96 „ Hohenbockaer Sand.

Dieses Glas wird dann in zehn Stufen mit 40, 80, 120 usw. bis 400 Teilen gemischt, deren Schmelzpunkt je um 19° C, also in der ganzen Reihe von 960° bis 1150° steigen soll. Eine mögliche Verflüchtigung von Borsäure kommt hier als Fehlerquelle in Betracht.

Ferner hat Hecht für niedere, unter Silberschmelzhitze liegende Temperaturen unter andern eine Reihe von Mischungen hergestellt, welche aus Bleifluß mit ansteigendem Zusatz von Zettlitzer Kaolin in äquivalenten Verhältnissen bestehen. (cf. Tonindust.-Ztg. 1895, Nr. 6 u. 7).

Es möge sich noch das Verfahren anschließen, dessen sich Seger früher bediente, um die Schmelzbarkeit verschiedener Glasuren mit einander zu vergleichen. Man formt in einer sauber aus Kupfer oder Messing durch Aneinanderlöten zweier gleichseitiger dreieckiger Blechstückchen an einer Kante gebildeten Form, nachdem diese eingeölt ist, aus der mit etwas Gummiwasser angefeuchteten Glasur gleich große gleichseitige Tetraeder, klebt sie mit demselben Klebmittel neben einem auf einer glatten Tonplatte gezogenen Strich, stellt die Tonplatte mit den Glasurproben unter einem Winkel von 45° in eine Muffel und erhitzt, bis die am schwersten schmelzende Glasur sich zu einem Tropfen zusammengezogen hat. Die leichter flüssigen Glasuren sind dabei mehr oder weniger an der Tonplatte heruntergeflossen, und man kann aus der Länge des Weges, den die Glasurtropfen dabei zurückgelegt haben, einen Schluß auf die größere oder geringere Schmelzbarkeit der Glasuren ziehen [1]).

Will man ferner bei Glasuren den Zeitpunkt ermitteln, bei dem die Glasur vollständig glatt gebrannt ist, so wendet man nach demselben Forscher Schmelzkörper in Pyramidenform an, welche aus der Glasur hergestellt sind. Ist die im Ofen sichtbar stehende Pyramide geschmolzen, so ist auch die Glasur auf dem Scherben als geschmolzen anzunehmen. Man kann sich auf diese Weise eine den mannigfaltigsten Zwecken dienende Reihe von Schmelzpunkten mit Hilfe von Gläsern, Emails, Schmelzfarben usw. darstellen.

Pyroskop mit selbsttätiger Meldung. — Als Pyroskop zur selbsttätigen Meldung bestimmter Temperaturen wurde Jul. Blake & Cie. ein Apparat patentiert (D. R.-P. 24578). Das untere Ende eines Rohres, welches in den Fuchs oder Schornstein geführt wird, ist mit einem dichtschließenden Metallpfropfen, wozu verschiedene Metalle oder Legierungen angewendet werden können, versehen. Schmilzt derselbe, so wird durch das in eine Schale fallende Metall ein Allarmapparat in Bewegung gesetzt. (Tonindustrie-Ztg. 1888, Nr. 19).

Einer ähnlichen wenn auch nicht elektrischen Vorrichtung bediente sich der Verfasser bei Aufstellung der Normaltone. Selbstredend sind solche Bestimmungsweisen nicht frei von Fehlerquellen und können nur unter gleichen Umständen einen ungefähren Anhalt für eine erreichte ähnliche Glühhitze geben.

Anzuführen sind hier noch die Kontrolluhren, welche ein Mittel abgeben,

---

1) Tonindustrie-Ztg. 1882, S. 274.

den Brenner und dessen Zuverlässigkeit, auf die es trotz aller sonstigen Hilfsmittel ankommt, zu überwachen. In eine in der Uhr (ein Ankerwerk) sich in 12 Stunden einmal drehende Papierscheibe mit Stundeneinteilung hat der Arbeiter etwa jede Viertelstunde ein Loch mittelst eines Hebels zu drücken oder zu stechen, wodurch seine stetige Wachsamkeit kenntlich gemacht wird. Jeden Tag wird eine neue Papierscheibe eingelegt, die Uhr aufgezogen und geschlossen. Die Einrichtung ist so getroffen, daß ein späteres Nachstechen nicht vorkommen kann. (M. s. nähere Beschreibung und Zeichnung Keram. Rundschau 1896, Nr. 28).

Als das zur Zeit vollkommenste Meßinstrument für hohe Temperaturen ist das Le Chatelier'sche Pyrometer anzusehen, in der Form wie es von Holborn und Wien an der Physik. Techn. Reichsanstalt in Charlottenburg ausgearbeitet worden ist und u. a. von der Firma W. C. Heraeus in Hanau in den Handel gebracht wird. Heraeus gilt dabei als der alleinige Erfinder des Thermoelementes aus Platin- und Platin-Rhodiumdraht, dessen thermoelektrische Eigenschaften wie aus folgenden Darlegungen[1]) ersichtlich, das Prinzip dieses Pyrometers bilden.

Zwei in der Regel 0,6 mm starke und 150 cm lange Drähte, von denen der eine aus absolut reinem Platin, der andere aus einer Legierung von ebenso reinem Platin mit 10 Proz. Rhodium besteht, sind in einem Endpunkt zu einer kleinen Kugel, der „Lötstelle“ zusammengeschmolzen und bilden so ein Element. Werden die Schenkel desselben zu einem Stromkreis verbunden, so entsteht, wie bereits erwähnt, bei Erhitzung der Lötstelle ein schwacher elektrischer Strom (im Mittel 0,001 V für eine Temperaturerhöhung von 100°), dessen Stärke zu der Temperatur in einem zunehmenden Verhältnis steht.

Da dieses Verhältnis für jedes Element von der Physikal. techn. Reichsanstalt durch Vergleichung mit einem Normalelement genau festgestellt und das Ergebnis in einer Tabelle, die jedem so geaichten Element mitgegeben wird, niedergelegt ist, so läßt sich ein solches Element direkt zu Temperaturmessungen verwenden. Zu diesem Zwecke verbindet man die beiden Enden des Elements direkt oder in der Regel mittelst gewöhnlichen Leitungsdrahtes mit einem geeigneten Galvanometer und bringt die Lötstelle an den Ort, dessen Temperatur gemessen werden soll. Durch Vergleichung der gefundenen elektromotorischen Kraft mit der Tabelle erfährt man die Temperatur, die an der betreffenden Stelle herrscht. Die speziell für das Pyrometer konstruierten Galvanometer gestatten aber auch die direkte Ablesung der Temperatur, indem der Zeiger auf 2 Skalen spielt, deren eine die Mikrovolt, die andere die Temperaturgrade anzeigt.

Von hoch zu schätzendem Vorteil für die Praxis ist, daß das Galvanometer in großer Entfernung von dem zu messenden Ofen aufgestellt werden kann, ohne daß die Genauigkeit der Messung darunter leidet, indem die Verbindung zwischen Element und Galvanometer mittelst gewöhnlichen Leitungsdrahtes zu bewirken ist. Es ist nur darauf zu achten, daß der Widerstand in der gesamten Leitung nicht viel mehr als 1 Ohm beträgt; bei einer Entfernung von 100 Meter zwischen Element und Galvanometer genügt hierfür Leitungsdraht (isolierter Kupferdraht) von 2 mm Durchmesser. Man kann hiernach mit einem Galvanometer, das beispielsweise auf dem Bureau Aufstellung findet,

---

1) Dieselben verdankt der Verf. in den wesentlichen Punkten den gef. Mitteilungen des Herrn W. C. Heraeus.



eine ganze Anzahl weit auseinanderliegender Öfen kontrollieren, indem man sie abwechselnd mit dem Galvanometer verbindet; die Anzeige des Instrumentes erfolgt momentan.

Die Genauigkeit dieses Pyrometers ist eine außerordentlich große; Holborn und Wien haben festgestellt, daß das Element die Temperaturen mit einem Fehler von nur 5° bei 1000° anzeigt. Die Angaben des Elements sind für den Fall gültig, daß die Verbindungsstellen der Elemente in den Leitungsdrähten in schmelzendem Eis liegen, also eine Temperatur von 0° haben. Ist die Temperatur an diesen Stellen nicht wesentlich höher als die Zimmertemperatur, also etwa 20 Grad, so ist für den technischen Betrieb ein kaum nennenswerter Unterschied anzunehmen. Ist die Temperatur aber höher, so ist es gut, solche mit Hilfe eines Quecksilberthermometers, welches neben den Verbindungsstellen aufgehängt wird, festzustellen. Man kann dann entweder die Anzahl der Grade den von dem Galvanometer angezeigten zuzählen, oder aber man verrückt die Skala um so viel Grade von links nach rechts, als das Quecksilberthermometer anzeigt, so daß beispielsweise bei einer Temperatur am Quecksilberthermometer von 50° der Zeiger des Galvanometers nicht über 0° steht, sondern über 50°.

Was die Anwendung dieses Pyrometers in der keramischen Industrie angeht, so bedienen sich desselben einige der bedeutendsten Tonfabriken, welche mit den Leistungen recht zufrieden sind; doch kann dermalen von einer allgemeinen Einführung in der Industrie nicht die Rede sein. Unzweifelhaft ist das Pyrometer berufen in der keramischen Industrie wertvolle Dienste zu leisten und besonders für den Fall hier und da Brände zu kontrollieren und zur Aufklärung beizutragen, wenn Störungen im Betrieb eintreten, welche auf mangelnder Kontrolle der Temperatur beruhen.

Der größeren Vollständigkeit halber möge noch angeführt werden, daß Siemens und Halske ein Galvanometer herstellen, welches auf dem oben bezeichneten Prinzip beruht. Neuerdings hat dieselbe Firma noch ein Galvanometer von gleicher Art konstruiert, worin eine Registriervorrichtung eingebaut ist — ein Uhrwerk, welches den Zeiger des Galvanometers in Zwischenräumen von einer Minute niederdrückt — wodurch auf einer unter dem Zeiger sich fortbewegenden Papierrolle ein Punkt hervorgerufen wird. Das Instrument kostet 600 Mk., während das einfache Galvanometer 200 Mk. kostet.

Segerkegel. — Unter Verweisung auf die zweite Auflage dieses Buches Seite 203—9, woselbst außer der Beschreibung, Zusammensetzung und Aufstellungsweise [1]) dieser vielbesprochenen Schmelzkörper, deren nachweisbare und unabweisliche Bedenken bei der Anwendung dargelegt wurden, beschränken wir uns hier der Kürze wegen auf das dort zusammengefaßte Ergebnis.

Vorher mögen die mit den Kegeln von andern angestellten und meist ungünstigen Beobachtungen angeführt werden, soweit dieselben in der Fachliteratur bekannt geworden sind.

Jochum fand auf Grund einer größern Reihe „sorgfältigst und gewissenhaft" ausgeführter Versuche mit den Seger-Kegeln bei verschiedenen Ofensystemen, daß dieselben „nicht zuverlässig genug" sind um damit beim Brennen

1) Hinsichtlich der Reihenfolge der Kegel ist beiläufig zu bemerken, daß bei den Nummern 1—37 mit der höheren Zahl die Schwerschmelzbarkeit zunimmt, während umgekehrt bei den mit einer Null bezeichneten Nummern 01—022 mit der höheren Zahl die Schmelzbarkeit oder Schmelztemperatur abnimmt.



keramischer Waren bestimmte Temperaturen messen und erkennen zu können[1]). Auch vier Jahre später von Jochum wiederholte Ermittelungen bestätigten das „unregelmäßige" Verhalten[2]). Weiterhin berichtet uns Seger selbst von unzutreffenden Beobachtungen auf einer feuerfesten Fabrik[3]) und erwähnt dabei, daß ihm einigemal ein gleichzeitiges Niederschmelzen von zwei aufeinander folgenden Kegeln vorgekommen sei, ja derselbe sagt in seinem Vortrag über die Messung hoher Temperaturen (Tonind.-Ztg. 1891, Nr. 12) mit der den wahren Forscher kennzeichnenden hohen Gewissenhaftigkeit, daß er bei der Aufstellung der Kegel „recht viele hypothetische Annahmen" hinsichtlich der Schmelzpunkte der Kegel und des Abstandes derselben unter einander habe machen müssen und fügt in bestimmter Weise hinzu, die Temperaturunterschiede, welche die Schmelzpunkte der Kegel kennzeichnen, sind „nicht konstant" (Tonind.-Ztg. 1886, Nr. 17).

E. Cramer (Notizblatt, neue Folge 1894 S. 79) räumt ferner mit anzuerkennender Offenheit ein, daß die Temperaturangabe für die Kegel nach Graden „wenig zuverlässig" sei. An anderer Stelle (cit. Zeitschrift 1889, 8) wird auch noch angegeben, daß man für die bezeichneten Kegel auf eine Zahlenangabe verzichten müsse und höchstens nur ein Minimum bestimmt ausdrückbar sei, womit also eine in dieser Beziehung nicht abweisbare Unsicherheit ausgesprochen wird. Bei alledem finden wir aber dennoch die einzelnen Temperaturgrade, denen jeglicher Kegel entsprechen soll, speziell angegeben, wenn auch in neuerer Zeit mit der Bezeichnung „schätzungsweise" (Tonindustr.-Ztg 1893, Nr. 49). Über die Unbestimmtheit dieser schätzungsweisen Angaben drückt sich Hecht bei Gelegenheit angestellter Temperaturmessungen in den Öfen der königl. Porzellan-Manufaktur zu Berlin mit dem Le Chatelier'schen Thermoelement und Seger'schen Kegeln noch eklatanter aus, daß die angestellten Beobachtungen „die Unmöglichkeit dargetan haben, die Schmelzpunkte der Kegel nach Celsiusgraden angeben zu können" (Tonindustr.-Ztg. 1895, Nr. 52). Dagegen ist indes nicht zu verschweigen, daß H. O. Hofmann in Boston (Transactions of the American Institute of Mining Engineers XXIV. 42), nachdem er siebzig Bestimmungen mit den Seger-Kegeln vorgenommen, keine Unregelmäßigkeit des Schmelzens in der aufgestellten Ordnung beobachtet haben will.

Schlussresultat. — a. Das Schmelzen der Tone ist überhaupt sowohl ein bedingter als wechselnder Zustand und ist im allgemeinen von einem Schmelzpunkt derselben keine Rede. Bei den Kegeln kommt hierzu die mechanische[4]) und ungünstige Zusammensetzungsweise, d. h. vornehmlich die Wahl der Kieselsäure und noch gar des Quarzpulvers als Erhöhungsmittel der Schwerschmelzbarkeit. Die vorliegenden Kegel vermögen daher aus allgemeinen sachlichen, wie besonderen Gründen keine sich gleichblei-

---

1) Sprechsaal 1888, No. 2. — 2) Ziegel u. Zement 1892, No. 13.
3) Töpfer- u. Ziegler-Ztg. 1887, No. 4.
4) Ein mechanisches Gemenge kann nie und nimmer eine chemische Mischung ersetzen. Je nach dem Grad der Feinheit des Gemenges ist die Schmelzbarkeit desselben eine verschiedene, wozu noch kommt, daß die dazu benutzten natürlichen Gemengteile in der Zusammensetzung wechseln. Bei maßgebenden pyrometrischen Bestimmungen mittels der Segerkegel kommt es auf das Schmelzzeichen an, welches man dabei annimmt, sei es Biegung (Erweichen), Glasierung oder Emailierung, Deformierung oder Niederschmelzen. — Je nachdem hierbei das eine oder andere Kennzeichen des Schmelzens gewählt wird verschiebt sich das Maß, welches Verschieben 3—4 Kegel betragen kann.

bende pyrometrische Stütze abzugeben und leisten keine Garantie für die stetige Gleichmäßigkeit der jedesmaligen Schmelzerscheinungen unter sich.

b. Im allgemeinen gewährt die einfache und alleinige Beobachtung des Schmelzpunktes oder vielmehr des kürzern oder längern und mehrfach variablen Schmelzprozesses eines Tones, sowie diesem ähnlichen Gemenges, keinen genügend verläßlichen Anhaltspunkt und sind auf diese Weise keinenfalls, wie dies ja vollkommen zugegeben wurde, bestimmte in Thermometergraden ausdrückbare Werte zu erhalten.

c. Die Tone können überhaupt in ihren verschiedenen und wechselnden Schmelzerscheinungen keineswegs als Pyrometer, wenn dies auch vorzuschlagen versucht worden ist, dienen und sind in dieser Beziehung entfernt nicht berufen, z. B. sich den edlen Metallen mit den ganz bestimmten wissenschaftlich festgestellten Schmelzpunkten gleichzustellen, obschon diese gewissen, oben näher bezeichneten nicht zu verkennenden Beschränkungen unterworfen sind.

Bei den in Rede stehenden Kegeln fällt außerdem die überhaupt erste Grundbedingung weg, welche für ein Pyrometer unabweislich gelten muß, daß die dabei benutzten Substanzen sich nicht verändern durch Aufnahme von Stoffen und insbesondere der Schmelzpunkt, soweit man, wie gesagt, bei Tongemischen hiervon überhaupt reden kann, sich nicht infolge anderweitiger Einflüsse verschiebe. Selbstredend läßt sich denn auch, was nur den eigentlichen Pyrometern (z. B. dem bis jetzt nur wissenschaftlichen Zwecken dienendem Kalorimeter, wie auch den verbesserten, elektrischen Pyrometern usw.) zukommt, mit den in Rede stehenden Schmelzkegeln, worauf Lauth und Vogt[1]) aufmerksam gemacht haben, nicht ein Zurückgehen oder ein Stillstehen der Temperatur in den Brennöfen nachweisen. Diese den Pyroskopen überhaupt anhaftende Beschränkung wurde bereits oben angeführt.

d. So verlockend bei den niederen wie auch den nachfolgenden höheren Kegeln die anscheinend recht erwünscht einfache wie bequeme Bestimmungsweise mit Hilfe derselben und wie empfehlend zugleich deren Zugänglichkeit ist, so läßt die Anwendung, besonders für unumstößliche Ermittelungen, mehrfache Bedenken ganz entschieden nicht verkennen. Keinenfalls darf man von den Kegeln mehr verlangen wollen als sie leisten können, womit indes, was andererseits unverhohlen hervorgehoben werden mag, nicht ausgeschlossen ist, daß sie, die niederen wie die höheren und namentlich eine Reihenfolge derselben im großen und ganzen für steigende Temperaturen einen gewissen orientierenden Anhalt geben und für die Praxis mit deren Hilfe in den Fällen, wo die bezeichneten Änderungen oder Ungenauigkeiten mehr in den Hintergrund treten und die sogenannten Umschmelzerscheinungen in der Tat glatt nach Vorschrift verlaufen, im allgemeinen genügende Beobachtungen zur Bestimmung der Gartemperatur gemacht werden können, wie dies von angesehenen Fabrikanten behauptet und auch in der Fachliteratur anerkannt worden ist[2]). Folgern läßt sich jedoch daraus nimmer, daß sie als Pyrometer brauchbar sind, welche Frage eine wesentlich andere ist, davon abhängend, ob die Kegel sachlich, wie für die Beobachtung fester Punkte für Temperaturmessungen benutzbar sind.

---

1) Töpfer- u. Ziegler-Ztg. 1887, No. 7.

2) M. s. „Wie werden Schmelzkegel am geeignetsten zur Ermittlung des Garbrandes im Ringofenbetrieb angewandt?“ Töpfer- u. Ziegler-Ztg. 1895, No. 37

Für einen Maßstab aber, wie schließlich gesagt sei, der nicht die größte Unveränderlichkeit und ein begründbar sicheres Zutreffen gewährt, oder vorkommende Fehler sofort erkennen und alsdann zu korrigieren gestattet, darf es, obwohl der Verbrauch der Kegel ein bedeutender und stark zunehmender und trotz allen selbst bis an Reklame streifenden Lobes nicht versagt sein, auf die damit verbundenen nachweisbaren und von Seger selbst wie auch von anderen erfahrungsmäßig konstatierten Schwankungen in den so angestellten Bestimmungen aufmerksam zu machen.

Höhere Seger'sche Kegel[1]. Seger stellte bekanntlich unmittelbar anschließend an seine Schmelzkegel zur Bestimmung der Gartemperatur in den Öfen der keramischen Industrie, auch pyrometrisch höherstehende Kegel teilweise nach denselben Prinzipien her. Bei fortlaufender Abnahme der Flußmittel wurde ein Gleichbleiben des äquivalenten Verhältnisses der Tonerde und Kieselsäure festgehalten bis zur Zusammensetzung 0,3 K_2O, 0,7 CaO, 7,2 Al_2O_3, 72 SiO_2 (Kegel Nr. 21 bis 26); dann folgte eine weitere Herabminderung der Flußmittel (Kegel Nr. 27 und 28), und endlich kamen die Flußmittel in Wegfall unter allmählicher Minderung der Kieselsäure von der Zusammensetzung Al_2O_3, 8 SiO_2 bis zu der von Al_2O_3, 2 SiO_2 (Kegel Nr. 29 bis 35)[2].

Diese höhere Reihe ist zur Ermittlung des Schmelzpunktes feuerfester Tone und als pyrometrische Skala empfohlen und benutzt worden und zwar früher als unmittelbares Vergleichsmittel und neuerdings gewissermaßen nur als Pyrometer. Die überhaupt, wie angegeben wird, ursprünglich für andere Zwecke aufgestellte und unter andern Gesichtspunkten ausprobierte ganze Kegelreihe, soll für alle keramische Industrieen und zugleich für die feuerfeste Anwendung finden, welche letztere indes, was zu bemerken ist, ein anderes im wesentlichen entgegengesetztes Ziel verfolgt.

Hinsichtlich der Anwendung der höheren Kegel als feuerfeste Skala ist zu erwähnen, daß ursprünglich bei den Kegeln als Merkmal des Schmelzens das „erste Biegen" oder nach späterer Angabe die Berührung der umgebogenen Spitze mit dem Boden, also deren Erweichung gesetzt wurde. Das Erweichen aber eines Tones oder einer Tonmasse, das gerade bei den überhaupt besseren (tonerdereichen) und pyrometrisch höherstehenden Tonen eher eintritt, ist, wie wir widerholen müssen, durchaus nicht als ein beginnendes Schmelzen aufzufassen und darf keineswegs mit dem eigentlichen Schmelzen verwechselt werden. Gibt es doch feuerfeste Tone, welche bei einer verhältnismäßig niedrigen Temperatur deutlich erweichen und dann aber erst bei einer sehr bedeutend höhern schmelzen. Eine aus bestem Kaolin und höchst schwerschmelzbarem Schieferton hergestellte Scheibe erweicht oder verbiegt sich stark, wenn sie 15 Minuten lang im Devilleschen Ofen, also in einer Temperatur von ca. 1650° C geglüht wird und schmilzt die Masse erst in 30 bis 33 Minuten oder erreichter Platinschmelzhitze, also bei 1775° C. Das Erweichen eines Tones kann daher, wie wiederholt betont worden, durchaus nicht als eine Vorstufe für dessen Schmelzen gesetzt werden. Statt der Schmelzpunkte haben wir es demnach bei den Kegeln mit einem gesetzten anderen Kennzeichen oder Begriff, den Erweichungsmerkmalen zu tun und können dieselben daher in dieser Beziehung nicht zur Ermittelung des Schmel-

---

1) cf. Tonindustrie-Ztg. und Töpfer- u. Ziegler-Ztg. 1893, No. 48.
2) Später ist noch der Kegel 36 (Rak. Schieferton) hinzugekommen.

zens feuerfester Tone dienen. Das Erweichen kann ein Maß abgeben für eine erreichte Höhe der Temperatur, aber nicht für die Schwerschmelzbarkeit überhaupt oder die Feuerfestigkeit. Wollte man, was wir noch beifügen, das Erweichen für ein maßgebendes Kennzeichen halten, so würde folgerichtig der Normalton der sechsten Klasse über den der fünften zu stellen sein, also in umgekehrter Weise wie die pyrometrischen Grundsätze lehren, dieser auf Grund des unmittelbaren Versuchs wie seiner Zusammensetzung nach entschieden höher stehende Ton unterhalb des leichter schmelzbaren einzuordnen sein. Aus dem frühzeitigen Erweichen einer Tonmasse läßt sich demnach kein Schluß auf ein eher eintretendes Schmelzen ziehen.

Wird andererseits, was beiläufig noch bemerkt werden mag, das Niederschmelzen als Merkmal gesetzt, so muß in betreff der Ermittelung des Schmelzpunktes feuerfester Tone durch die Kegel hervorgehoben werden, daß die Unähnlichkeit der Schmelzerscheinungen zwischen den schmelzenden Kegeln und den schmelzenden Tonen sehr bedeutend ist. Je unähnlicher aber, wie wir nochmals hervorheben, eine und zwar mechanisch mehrfach zusammensetzte und vorher gebrannte schmelzende Masse mit einem schmelzenden natürlichen Tone ist, um so mehr wird für die unmittelbare Beobachtung ein sicherer Vergleich zwischen beiden erschwert, oder es wird, was noch bedenklicher, dem subjektiven Wähnen Raum gelassen für ein beliebig dehnbares und eine Voreingenommenheit allzu leicht bestärkendes Resultat. Eine wie gesagt erst zu bildende Mischung schmilzt stets in anderer Weise als eine wenigstens teilweise gebildete mit dem Merkmal der Homogenität. Während die Tone im allgemeinen viel träger schmelzen, sich aufblähen und ein zähflüssiges Email geben, fließen die Kegel mehr oder weniger rasch zu einem Glase oder nur bei dem höheren zu einem Email zusammen, oder überziehen sich statt mit einer Haut mit einem abfließenden Schmelz und zeigen überhaupt nicht parallel gehende Schmelzmerkmale.

In letzter Zeit wurde denn, wie oben angedeutet, ein früher befolgtes Vergleichen der Glüherscheinungen zwischen den Kegeln und Prüfungsobjekten aufgegeben. Die erweichenden Kegel sollen jetzt lediglich nur anzeigen, bis zu welcher Temperatur die Proben erhitzt wurden und würden demnach gewissermaßen einzig und allein als Pyrometer dienen, womit sich dann die bereits bei den niederen Kegeln abgehandelte Hauptfrage einstellt, wie weit die Kegel diese denselben zugedachte Stellung behaupten können, sowie welche Bedingungen sie zu dem Zwecke erfüllen müssen. Wie wir gesehen haben, können aber die Kegel wie überhaupt tonähnliche Gemenge in ihren verschiedenen und wechselnden Schmelzerscheinungen und namentlich wegen der Veränderlichkeit, welche dieselben nach den Umständen unter Verschiebung der Kegelnummern erleiden, **keinesfalls als ein wissenschaftlich begründbares Pyrometer gelten.**

Was die bezeichneten sachlichen Bedingungen angeht, so verlangen diese notwendig, daß die Schmelzerscheinungen bei den Kegeln nicht nur stets in gleicher Weise eintreten, sondern auch ganz bestimmt sich bezeichnen und aufstellen lassen.

Wiewohl die Kegel bei den Feuerfestigkeitsbestimmungen nun nicht mehr als Vergleichsmittel dienen sollen, so erscheint es doch nicht überflüssig, diese bei den Prüfungsobjekten notwendig in Betracht kommende, bis jetzt zu wenig beachtete Seite zu besprechen.

Wenden wir uns daher zu der Frage, was denn, soweit die Schmelzkegel

zur Bestimmung der Schmelzbarkeit anderer Materialien benutzt werden sollen für letztere als Schmelzpunkt zu gelten hat. Wie wohl zur Genüge dargetan wurde, kann hier die Erweichung keinesfalls als ein Kriterium angesehen werden.

Gehen wir daher über zum eigentlichen Schmelzen oder dem sogenannten Schmelzpunkt [1]), so entsteht die fernere Frage, welches Moment soll als augenscheinlicher Anfang, oder welches für das fortgeschrittene Schmelzen oder auch einem gewissen Endpunkt, diesem wie oben eingehender abgehandelt wurde, vieldeutigen und variablen Begriff dienen. Ist hierauf eine bestimmte und präzisierte Antwort nicht zu geben, so bleibt, worauf wir wieder zurückkommen müssen, nur die Angabe der Temperatur übrig, welcher die jeweiligen Schmelzerscheinungen entsprechen und wenn auch dies nicht angeht, so wird eine weiter Spielraum für eine beliebige Schätzung eröffnet. Derselbe kann, wie unten folgt, je nach der Prüfungshitze 3 bis 4 Kegelnummern betragen. Es kommt also ebenso in diesem wie dem obigen Falle, wenn das pyrometrische Urteil bei den Prüfungen zutreffend ausfallen soll, auf die möglichst genaue Angabe der erreichten Temperatur an, was also wieder ein Pyrometer als zuverlässige Stütze voraussetzt, oder es ist ein kontrollierbares Merkmal hinzustellen, welches für einen bestimmten Schmelzpunkt gelten soll. Wir stoßen somit einerseits wie andererseits auf einen bis jetzt fehlenden genügend sichern Anhalt für die nach der Kegelmethode ausgeführten pyrometrischen Ermittlungen.

Gehen wir über zu angestellten Glühbestimmungen mit den höhern Kegeln, wobei der Leser unvermeidliche Wiederholungen nachsichtig hinnehmen möge. Dieselben wurden ausgeführt mit den drei untersten Normaltonen. Die mineralogische Beschreibung wie vollständige Analyse nebst pyrometrischer Untersuchung derselben findet sich oben angegeben. Wegen der früher beschriebenen charakteristischen Vorzüge [2]) benutzte der Verf. statt des bisherigen niedrigsten Normaltons den neuen Ersatzton, welcher oben abgehandelt wurde.

Zur Ermittelung der Stellung, welche die genannten Kegel diesen drei Normaltonen gegenüber einnehmen, wurden folgende, wenn auch nicht erschöpfende, so doch zu einem maßgebenden Urteil ausreichend erscheinende Versuche angestellt. Zuerst kam die überhaupt geringste Temperatur in Anwendung, welche die unerläßliche Bedingung zu einer sicheren und fehlerfreien Prüfung selbst nur der niedern feuerfesten Tone bildet. Wie oben dargelegt wurde, ist die Bestimmung feuerfester Tone von der Prüfungshitze abhängig. Ist die Prüfungshitze zu gering, so kann es erwiesenermaßen vorkommen, daß ein in der Tat pyrometrisch höher stehender Ton mit einem tieferen oder geringeren verwechselt, also von vornherein ein Grundfehler in der Bestimmungsweise begangen wird.

Ist doch, abgesehen von vorkommenden praktischen oder besonderen Fragen, bei allen höheren pyrometrischen Bestimmungen in erster Linie an dem allgemeinen Grundsatze entschieden festzuhalten, daß die Prüfunghitze vielmehr eine gesteigerte als eine zu niedrige ist. So, um noch einige

---

1) In neuester Zeit, Tonindustrie-Ztg. 1902, No. 136, dienen die Segerkegel zur Bezeichnung eines bestimmten „pyrochemischen Vorganges oder Prozesses“, wobei also von einem erreichten Punkt, „Schmelzpunkt“, in entschiedener Weise Abstand genommen wird.

2) cfr. die Normaltone, Deutsche Töpfer- und Ziegler-Zeitung 1892, No. 25 und 26.



Beispiele zu nennen, verweisen wir auf den oben bereits angeführten Normalton der sechsten Klasse, der sich von dem der fünften nur und in Übereinstimmung mit der Praxis zutreffend einordnen läßt, wenn die angewandte Prüfungstemperatur hoch genug getrieben wird. Insbesondere ist die pyrometrische Stellung gewisser Rohkaoline einzig und allein mit Hilfe einer höheren Prüfungshitze sicher festzustellen, während umgekehrt, bei zu geringer ein irriges Ergebnis sich unausbleiblich einstellt. Es kann alsdann vorkommen, daß man ein derartiges Material für annähernd gleich dem Kaolin (also Feuerfestigkeit 60 bis 70 Proz.) setzt, wogegen dasselbe in der Tat sich unter den mäßig hochfeuerfesten Ton der fünften Klasse, den 30 prozentigen stellt.

Kehren wir nach diesen mehrfachen Beispielen, welche alle dartun, daß die Prüfungstemperatur für Tone, bei denen es sich um deren Schmelzen handelt, nicht zu niedrig und daher auch in dieser Beziehung deren Erweichungstemperatur keinenfalls maßgebend sein darf, zu den Versuchen zurück.

Wie in dem Abschnitte Normaltone eingehend dargelegt wurde, vermag der bezeichnete neue niedrigste Normalton in seinem Verhalten bei verhältnismäßig heftigem Glühen ein augenfälliges Merkmal für gewisse jeweilig erreichte Hitzegrade abzugeben. In der angegebenen geringsten Prüfungshitze schmilzt, wie gesagt, eine Zylinderprobe dieses Tones kugelförmig zusammen, so daß in diesem Falle die Kugelform den Indikator für die erzielte Temperatur abgibt. Ist nämlich die Prüfungshitze etwas geringer, so schmilzt das Versuchszylinderchen, nur Kegelform annehmend, wie anderseits, wenn sie nur sehr wenig höher, die Probe zu einer Halbkugel zusammensinkt. Es läßt sich also auf diese Weise sehr einfach und unmittelbar kontrollieren, ob man den erforderlichen Schmelzpunkt, den man in diesem Falle wohl so bezeichnen darf, zutreffend erreicht hat oder die Temperatur darüber gestiegen oder darunter geblieben ist.

Die Kegel wurden dann bis zu dem angegebenen Schmelzpunkte geglüht und zwar in Form abgebrochener Stücke [1]) und die drei angeführten Normaltone als geformte kleine Zylinder, was sich mittelst einiger Vorversuche möglichst scharf bei sonst beachteten tunlichst gleichen Umständen hinsichtlich der benutzten Menge des reinst ausgesuchten Brennmaterials wie Gleichmäßigkeit des Tiegels in bezug auf dessen Größe, Form, Wandung, wie Stellung neben sonstigen Vorsichtsregeln in sicherer Weise treffen ließ. In dem oben beschriebenen Devilleschen Ofen wird diese bestimmte Formänderung nach dem ersten Durchschlagen der Flamme in 10 bis 11 Minuten erreicht und bemerke ich noch, daß die Resultate stets aus mindestens zwei völlig übereinstimmenden Glühungen auf Grund gleicher Glüherscheinungen abgeleitet wurden. Hatte sich die maßgebende Glüherscheinung nicht vollkommen zutreffend eingestellt, so wurde der Versuch als unentschieden verworfen und jedesmal so oft wiederholt, bis augenscheinlich und was zufriedenstellend erreichbar, mehrere völlig gleiche Glühungen für eine zuverlässige Beurteilung vorlagen.

Hierbei ließ sich dann folgendes ermitteln:

Glühung 10 bis 11 Minuten lang, in welcher die Zylinderprobe des niedrigsten Normaltons kugelförmig zu einem leise

1) Diese kleineren Versuchskörper bieten den Vorteil, daß man in einem kleineren und daher gleichmäßigeren Glühraum des Tiegels eine größere Anzahl von Proben gleichzeitig aufzustellen vermag.



glänzenden hellgrauen Email geschmolzen ist. Der Kegel 29 ist mehr geschmolzen, tropfenförmig zu einem glänzenden Email, während sich Kegel 30 erhalten hat mit noch bemerkbaren Kanten. Ein glänzendes Email ist abgeflossen.

Die Zylinderform des zweithöheren Normaltones (sechste Klasse) hat sich erhalten, ist aber aufgedunsen und zeigt einen grauen Hautüberzug. Der Bruch erscheint heller, gelblich und porig-löcherig. Stellt sich za. unter den beschriebenen Kegel gleich 30.

Der dritthöhere Normalton (fünfte Klasse) hat die ihm gegebene Form völlig erhalten und läßt einen schwachen Hautüberzug erkennen. Der Bruch verhält sich wenig porig-löcherig. Ist etwa über Kegel 30 zu stellen.

Die Schwerschmelzbarkeit oder der Feuerfestigkeitsgrad stellt sich:

für den niedrigsten Normalton	den zweithöhern Klasse VI.	den dritthöhern Klasse V.
Klasse VII. über Kegel 29	za. unter Kegel 30	etwa über Kegel 30.

Glühung 13 Minuten lang, in welcher der Normalton halbkugelförmig zu einem glänzenden grauen Email geschmolzen.

Der Kegel 30 ist tropfenförmig zu einem mehr glänzenden Email niedergegangen.

Der Zylinder des zweithöhern Normaltons ist geschmolzen halbkugelförmig mit gelber und etwas pockiger Haut; Bruch blasig. Stellt sich gleich ca. Kegel 31, welcher zum teil geschmolzen und stark emailliert ist.

Bei dem dritthöhern Normalton hat sich die Form erhalten, ist wenig aufgedunsen mit schwach makronenartigem Hautüberzug. Bruch wenig poriglöcherig. Kommt gleich za. Kegel 31 bis 32; 32 steht entschieden höher, welcher letztere Kegel kantig erhalten, aber emailliert und etwas glänzend erscheint.

Die Schwerschmelzbarkeit stell sich:

Normalton VII. Klasse	Normalton VI. Klasse	Normalton V. Klasse
annähernd gleich Kegel 31	annähernd gleich Kegel 31	über Kegel 31 [1]).

Glühung 15 Minuten lang, in welcher der unterste Normalton tropfenförmig zu einem glänzenden Email geschmolzen.

Der Kegel 31 ist stärker tropfenförmig zu einem glasigen Email geschmolzen.

Der zweithöhere Normalton ist geschmolzen kugelförmig zu einem gelblichen Email. Bruch fein- bis größer blasig. Ähnlich Kegel 32, welcher halbkugelförmig zu einem weißen Email geschmolzen.

Der dritthöhere Normalton hat sich erhalten mit stark makronenartiger Haut. Bruch porig-löcherig, verdichtet. Stellt sich unter Kegel 33, der noch kantig, aber etwas glänzenden Schmelzüberzug zeigt.

1) Die hier wie weiterhin angegebenen Daten lassen sich wegen der Unähnlichkeit der Schmelzerscheinungen zwischen den Kegeln nicht bestimmter und nur in ungefährer Ausdrucksweise hinstellen.



Die Schwerschmelzbarkeit stellt sich:

Normalton VII. Klasse	Normalton VI. Klasse	Normalton V. Klasse
merklich über Kegel 31	annähernd Kegel 32	unter Kegel 33.

Glühung 20 bis 21 Minuten lang, in welcher der unterste Normalton völlig zerflossen zu einem glänzenden grauen Email.

Kegel 29, 30 und 31 sind gänzlich zerflossen zu einem glänzenden Glase, Kegel 32 ist ebenfalls zerflossen zu einem lichtgrauen und etwas glänzenden Email, 33 ist auch zu einem grauen, etwas glänzenden Email zusammengeschmolzen, das aber noch ein wenig wulstförmig erscheint. Der zweithöhere Normalton erscheint zerfließend zu einem dunkelgrauen Email, wenig wulstförmig, sich nähernd Kegel 33.

Der dritthöhere Normalton ist geschmolzen halbkugelförmig zu einem etwas glänzenden Email. Derselbe stellt sich über Kegel 33; 34 hat sich besser gehalten. Die Form der Probe ist noch ein wenig zu erkennen, ist aber von einem lichtgrauen und etwas glänzenden Email eingehüllt.

Kegel 35 hat sich gut erhalten, erscheint aber, beiläufig bemerkt, öliger und mehr grau als der beste Zettlitzer Normalkaolin, der also höher zu setzen ist. Diese auffallend tiefere Stellung des aus dem Zettlitzer Kaolin bestehenden Kegels (35), welche auf ein verwendetes geringeres Material deutet, wurde durch wiederholte und um sich bestimmt zu überzeugen, verschieden abgeänderte Versuche konstatiert.

Die Schwerschmelzbarkeit stellt sich:

Normalton VII. Klasse	Normalton VI. Klasse	Normalton V. Klasse
zwischen Kegel 32 bis 33.	annähernd Kegel 33	unter Kegel 34.

Außer den vorstehenden Versuchen, wobei die bezeichneten immer von neuem untersuchten Normaltone als Prüfungsobjekt dienten, wurde noch ein kieselsäurereicher Ton, ein sogenannter Klebsand, welcher bei Grünstadt in der Rheinpfalz vorkommt, in genau gleicher Weise untersucht.

Der zu beschreibende Klebsand ist lufttrocken von gleichmäßig hellbläulicher Färbung und zeigt wenig gelbe und schmutzigfarbene Stellen. Besteht aus einem tonhaltigen feinen Sande mit einzelnen gröbern Quarzkörnern bis zur Größe eines halben Millimeters. Knirscht bedeutend bei Zerreiben. Das Pulver, welches bläulichgrau, formt sich, mit Wasser angemacht, gut und etwas klebrig, knetet sich aber randrissig. Die chemische Analyse einer sorgsam bereiteten und bei 120° C getrockneten Durchschnittsmenge ergab:

90,63	Proz.	Kieselsäure
6,08	„	Tonerde
0,99	„	Eisenoxyd
0,32	„	Kali
2,20	„	Glühverlust
100,22		

Gehen wir zu den Glühbestimmungen über.

Nachdem die Vorprüfung ergeben, daß eine Durchschnittsprobe des Klebsandes deutliche Schmelzzeichen erst in einer Temperatur von 10 Minuten (Glüh-

zeit im Devilleschen Ofen) zeigt, wurde unter Befolgung der oben näher bezeichneten jedesmaligen, möglichst gleichmäßigen Ausführung der Versuche, mit dieser Temperatur begonnen.

a) Geglüht in 10 Minuten oder einer Temperatur, in welcher eine Zylinderprobe des niedrigsten Normaltons kegel- bis kugelförmig geschmolzen. Die Klebsandzylinderprobe erscheint glasiert, die Form der Probe ist erhalten noch völlig kantig, und der Bruch mit wenigen Bläschen; die Probe hat sich besser gehalten als Kegel 27 bis 30.

Stellt sich über Kegel 30[1]).

b) Geglüht in 12 Minuten.

Die Zylinderprobe des niedrigsten Normaltons ist geschmolzen halbkugelförmig. Die Klebsandprobe ist glasiert, noch kantig und der Bruch mit einzelnen Bläschen; die Probe hat sich besser gehalten als Kegel 31.

Stellt sich zwischen Kegel 31 und 33[2]).

c) Geglüht in 15 Minuten.

Die Zylinderprobe des Normaltons der fünften Klasse ist geschmolzen kegelförmig mit gelbem Hautüberzug. Die Klebsandprobe ist stärker glasiert, noch ziemlich kantig und der Bruch ölig mit Bläschen. Die Probe hat sich besser gehalten als Kegel 32.

Stellt sich zwischen Kegel 32 und 33.

d) Geglüht in 20 Minuten.

Die Zylinderprobe des Normaltons der fünften Klasse ist geschmolzen halbkugelförmig. Die Klebsandprobe hat ihre Form noch erhalten, ist aber abgerundet, glasig glänzend und durchscheinend. Der Bruch erscheint glasig glänzend mit Bläschen; die Probe hat sich besser gehalten als Kegel 33, erreicht aber nicht 34.

Stellt sich über Kegel 33.

e) Geglüht in 27 Minuten.

Der Zettlitzer Normalkaolin zeigt eine ölige Haut. Die Klebsandprobe ist geschmolzen kugelförmig, glasig glänzend, durchscheinend. Der Bruch zeigt größere Bläschen; die Probe hat sich besser gehalten als Kegel 34, erreicht aber entfernt nicht 35.

Stellt sich über Kegel 34.

Zusammenfassung. Das Resultat ist völlig analog dem frühern; mit der höhern Prüfungshitze rückt ein höherer Kegel als maßgebend an die Stelle. Während in einer Glühhitze von 10 Minuten die Schmelzbarkeit des Klebsandes sich höher als die des Kegels 30 stellt, dann in 12 Minuten über Kegel 31 und hierauf in 15 Minuten über Kegel 32 geht, steigt sie in 20 Minuten über Kegel 33 und endlich in 27 Minuten über Kegel 34. Je nach der angewandten Temperatur beträgt somit die Schwankung in der Stellung 3 bis 4 Kegel, woraus in Bestätigung des obigen Resultats wieder ebenso folgt, daß in erster Linie für ein maßgebendes Einordnen mit Hilfe der Kegel die bestimmte Angabe der Prüfungstemperatur oder ein anderes selbständiges Kriterium die Grundbedingung bilden muß.

Was das Aufstellen eines bestimmten Kegels angeht, womit die Schwerschmelzbarkeit des Klebsandes zusammenfallen soll, so kann dies nur beziehungsweise oder in relativer Bezeichnung geschehen, und vermag

1) u. 2) Eine genauere Angabe oder ein scharfes Einordnen fällt wiederum wegen der Unähnlichkeit der Schmelzerscheinungen zwischen dem Klebsand und den Kegeln allzu schwierig.

man, allgemein ausgedrückt, lediglich zu sagen, bei einer gewissen näher zu bezeichnenden niedrigeren Temperatur nähert sich die Feuerfestigkeit des untersuchten Klebsandes dem Kegel a, ebenso bei einer mittleren dem Kegel b und bei einer höheren bis höchsten dem Kegel c und d. Versucht man sich bestimmter auszusprechen, so wird damit ein unsicheres und unhaltbares Gebiet betreten.

Schlussergebnis. a) Die Stellung der Kegel gegenüber einem zu prüfendem Tone oder auch einem Klebsande wechselt wie die neuangestellten Versuche ergeben, mit der angewandten Temperatur. Je nach dem Hitzegrade wird dem zu prüfenden Tone ein anderer Platz zugewiesen und bildet daher die Angabe der angewandten Prüfungstemperatur eine ganz notwendige Bedingung für ein in diesem Falle überhaupt etwa abgebbares Urteil.

b) Diese gefundene Verschiebung beträgt innerhalb der geringsten, mindestens anzuwendenden und für die höheren feuerfesten Tone selbst noch mehr zu steigernden Prüfungshitze, als den Versuchen zu Grunde gelegt wurde, für den bezeichneten niedrigsten Normalton mehr als 3 Kegel, bei dem zweit höheren gegen 3 und bei dem dritt höhern bis zu 4 Kegel und ebenso für den jetzt bestimmten Klebsand bis zu 4 Kegel. Beiläufig bemerkt nimmt bei der mittleren wie tieferen Kegelreihe diese Verschiebbarkeit noch mehr zu und kann bis zu 6 Kegel betragen.

c) Im allgemeinen fallen, wenn man die Kegel, wie dies zuerst versucht wurde, als pyrometrisches Vergleichungsmittel benutzt, die Bestimmungen zu hoch oder zu günstig aus [1]), abgesehen von gewissen Beobachtungsschwankungen, die namentlich hervorgerufen werden durch die oben wiederholt erwähnte, meist völlige Unähnlichkeit zwischen den schmelzenden Kegeln und einem schmelzenden Ton.

d) Stellen wir auch einerseits bei dem unmittelbaren Vergleich der Kegel mit dem Prüfungsmaterialien die geäußerten Bedenken, wie die dargelegten Mängel in eine zweite Linie und setzen andererseits die Kegel nur als Stufen einer feuerfesten Skala, so läuft dennoch für beide Fälle in gleicher Weise die Zuverlässigkeit der Ermittelungen auf die Handhabung eines sicher kontrollierenden und zugleich praktischen Pyrometers hinaus.

e) Ist überhaupt der Einführung der Segerkegel eine große Einseitigkeit nicht abzusprechen.

Schließlich möge es wiederholt gestattet sein hinsichtlich vorstehenden Ergebnisses zu verweisen auf Aron's, wohl formgewandt geschriebene, aber sich nicht irgendwie auf Gegenversuche stützende Entgegnung, warum es sich bei der Widerlegung meiner erstgenannten Versuche hinsichtlich der Verschiebbarkeit der Stellung der Kegel mit der steigenden Prüfungstemperatur einzig handelte. Tonind.-Ztg. 1893 Nr. 52 und 1894 Nr. 4 (Erwiderung des Verfassers.)

Abschliessende Erläuterungen. Die Schmelzbarkeit der Kegel ist hauptsächlich von deren Zusammensetzungsweise abhängig, doch spielt dabei außer der Höhe der Temperatur auch deren Dauer eine Rolle, worauf von verschiedenen Seiten wiederholt und mit Recht aufmerksam gemacht worden ist. Die Abhängigkeit von der Zusammensetzungsweise läßt sich in folgender Weise erklären.

---

1) Nach neuesten Versuchen von Heraeus schmelzen die in Rede stehenden Kegel eher als von Seger angenommen wurde. Tonindustrie-Ztg. 1902, No. 136.

Jedes Tongemisch braucht zum Schmelzen eine bestimmte Temperatur und muß diese auch eine gewisse Zeit auf dasselbe einwirken. Im Anfang wird hierbei die aufgenommene Wärme zu chemischer Umsetzung der einzelnen Elementarbestandteile verbraucht und zum Schmelzen erst nach Vollendung dieser chemischen Reaktionen. Ferner braucht die Wärme eine gewisse Zeit um das tonhaltige Brenngut zu durchdringen und um so mehr, da der Ton zu den schlechten Wärmeleitern gehört. Hiedurch dürfte denn auch beiläufig bemerkt, ein in den Öfen der Berliner Porzellanfabrik zahlenmäßig nachgewiesenes verzögertes Schmelzen — wie dies von Dr. Hecht mittelst des Chatelierschen Thermoelements beobachtet wurde[1]) —, eine Aufklärung finden. Also worauf es hier ankommt, ist je nach der Menge und Beschaffenheit der Bestandteile oder der Zusammensetzung der Kegelmasse der Wärmeverbrauch ein anderer und damit dann das Eintreten des Schmelzens ein verschiedenes, abgesehen davon, daß, worauf wir zum Schluß nochmals zurückkommen, das Niederschmelzen der Kegel nicht allein von der Zusammensetzung abhängig ist. Daher registrieren, worauf Peyrusson, Prof. der Keramik in Limoges, hingewiesen, die Segerkegel nicht immer gleichmäßig. Peyrusson verwendet deshalb dasselbe Material, welches im Ofen gebrannt wird, auch zur Herstellung der Kegel und stellt sich durch Zusatz eines Schmelzmittels, in bestimmten Verhältnissen, wozu frisch gefällter Kalk oder auch Glasur und ein die Schmelzbarkeit erhöhendes Mittel benutzt wird, eine besondere Kegelreihe dar. Diese Kegel, welche im ganzen die fast gleiche Zusammensetzung wie das Brenngut besitzen, müssen sich auch unter verschiedenen Brennumständen fast ebenso wie dieses verhalten, so daß, wenn einmal die richtigen Bedingungen ermittelt sind, diese Kegel stets annähernd genau und zuverlässig den Garbrand anzeigen. Auch schlägt Peyrusson für die Pyroskope eine andere Gestalt vor, indem er die Kegelspitze im rechten Winkel umbiegt, so daß eine Zunge von 15 mm erhalten wird. Bei einer solchen Form der Proben soll eine nur geringe Veränderung der Masse genügen, um bestimmte Unterschiede und damit schätzbare Resultate zu ergeben. (Zeitschrift für Keramik 1898 Nr. 28.) Die Franzosen dürften aus dem dargelegten und wohl nur diesem sachlichen Grunde von einer Annahme der Segerkegel abgesehen haben.

Auch die Keramiker in England haben sich zur Einführung der Segerkegel nicht entschließen können und formen sich aus den von Peyrusson angegebenen Massemischungen Stäbe[2]), welche in einem Tonkasten gelegt und an den Enden unterstützt werden. Es wird alsdann beim Brande das Durchbiegen der Stäbe beobachtet. Die Methode beruht also auf der „Erweichung" der Pyroskope, welche bei dem ersten Durchbiegen mit Hilfe eines zuverlässigen Pyrometers festgelegt, einen gewissen Anhalt zu geben vermag, doch wie oben eingehender beschrieben, zur Ermittelung der Feuerfestigkeit nicht dienen kann. Die Methode ist indeß dieselbe, welche von E. Cramer bei seinen ausgedehnten Versuchen zur Feststellung des Begriffes „feuerfest" angewandt wurde. (Tonind.-Ztg. 1901 S. 706.)

Dagegen haben sich, soweit dies bekannt geworden und der Vollständigkeit halber hier anzuführen ist, die Amerikaner und Russen der Segerkegel bedient.

---

1) Tonindustrie-Ztg. 1892, No. 52.
2) Holderost u. Co., Patent-Thermoskope in Pottery Gazette vom Oktober 1898.

VIERTES KAPITEL.

Behandlung des Tones und dessen Versatzmittel.

Homogenität, Vorbereitung, Zubereitung, die dabei angewandten Maschinen. Anhang: Die Versatzmittel.

Homogenität.

Als Eingang zu diesem Kapitel — der Behandlung der Tone — ist der Herbeiführung der Homogenität oder der Homogenisierung, dieser äußerst wichtigen und absolut notwendigen Forderung, hier ein besonderer Platz einzuräumen.

Türrschmiedt, der die Homogenität, worauf zuerst Brongniart in seinem bekannten Werk als Fundamentalpunkt aufmerksam machte, mit des letztern eigenen Worten und diese noch weiter ausführend „als die Seele des Fabrizierens im ganzen Potteriefach bezeichnete, als das A und O der Ziegeleien, als das unwandelbare Ziel aller Bearbeitung, ohne welche kein Erfolg, ja kein Heil, welche das laute Geheimnis", erklärt sie in folgender Weise: Eine homogene mineralische Aggregation von richtungsloser Struktur führt den allgemeinen Namen Massivstruktur. Homogener Ton besitzt diese Struktur, das heißt keine wahrnehmbare, oder das Gegenteil aller Struktur; künstlich aus Ton bereitete Ziegelsteine müssen gleichfalls Massivstruktur besitzen. Homogen ist im allgemeinen der Gegensatz vom natürlichen Vorkommen der Tone. Alles was man in diesem Zustande an den Tonen bemerken kann, Textur, Schichtung, Gefügedichtigkeit [1]), Windung, Geäder, Färbungen, Unreinheiten, Verballungen, Absonderung, fette und magere Partieen, Wechsel von Sand, Schluff und Ton, jede Partikularität also, muß in der homogenen Masse verschwunden sein.

Homogenisierung ist die Vernichtung aller sichtbaren Ungleichförmigkeit, sie ist der Inbegriff des gleichmäßig Verteiltseins der den Ton bildenden Gemengteile. Gleich viel Ton, gleich viel Sand, Schluff und Wasser usw. muß im gleichmäßigsten Durcheinander an jeder Stelle anzutreffen sein [2]).

---

1) Schumacher schlägt vor, die natürliche Gefügedichtigkeit grubenfeuchter Tone auszunutzen, d. h. dort zu verwenden, wo eine stärkere Gefügedichtigkeit die Qualität der Ware hebt oder die Herstellung einer guten Qualität erleichtert. (Sprechsaal 83, No. 29). Zum Zerkleinern von grubenfeuchtem Ton wird eine Maschine empfohlen, welche in Zuckerfabriken zur Herstellung der Rübenschnitzel benutzt wird. (Ziegel und Zement 1894.)

2) Wiewohl im allgemeinen, wo es sich um Homogenisierung handelt, die-

Unhomogenität oder Homogenitätsfehler offenbaren sich an einem gebrannten Tonstück, wenn einzelne Partien, sei es durch Färbung, Porosität, Korn oder Anhäufungen irgend einer Art sich mehr hervortun und bei einem fertigen gebrannten Werkstück, wenn sich darin resp. auf der Bruchfläche Ablösungen von der Grundmasse, Risse, Sprünge oder allgemein Kontinuitätsstörungen zeigen, welche eine Schwächung des Zusammenhanges notwendig mit sich führen. Umgekehrt gilt als Kennzeichen eines homogenen Gefüges der muschelige Bruch und erscheint derselbe, wo die Gemengteile von mikroskopischer Kleinheit sind, fast so vollkommen, wie beim Glase.

Der Begriff der Homogenität erstreckt sich aber noch weiter als auf die natürliche, meist sichtbare Heterogenität, er bezieht sich auch, wie schon angedeutet, bei einer Tonmasse ebenso auf die gleichartige Verteilung aller hinzugebrachten Stoffe, wie z. B. der einen größeren Widerstand gebenden Magerungsmittel und selbst des Wassers, wie endlich auch der gleichartigsten Behandlungsweise der Tonmasse bei deren Verarbeitung.

Alle den verarbeiteten Ton komponierenden Teile, die natürlichen, wie künstlichen und sowohl die nützlichen, als gewiß nicht weniger die schädlichen sind ebenso regelrecht, wie innig der Masse zu inkorporieren. Dabei ist der Umstand zu beachten, daß die von der Tonmasse eingeschlossene Luft aus derselben hinausgeschafft werde.

Eine homogene Tonmasse, bestehend aus einem Gemisch von plastischen und unplastischen Bestandteilen muß, soweit dies erreichbar, einen gleichen Grad der Plastizität, wie der Dichtigkeit an jedem Punkte aufweisen. Namentlich hinsichtlich des Plastizitätsgrades zeigen die Tone bekanntlich ein verschiedenes Verhalten und es gehören, wie wir wiederholen, zu den schwer zu homogenisierenden Tonen die fetteren und noch mehr die fettesten, bei denen sich unerweichte oder unzerteilte Tonknötchen hartnäckig erhalten. Nimmt mit der Fettigkeit des Tones die Schwierigkeit der gleichartigen Wasseraufnahme wie überhaupt der Bearbeitung zu, so läßt sich doch aus solchem fetten Ton durch Zusatz geeigneter Magerungsmittel eine homogene Masse darstellen. Unter anderem wirkt der Sand in dieser Beziehung günstig, indem durch die Scharfkantigkeit und Größe der Körner einer Ungleichartigkeit entgegengewirkt wird. Weit schwieriger als aus Ton und Sand ist die Herstellung einer homogenen Masse aus Ton und mineralischem Staub, d. h. des Pulvers von nicht oder wenig verwitterten zusammengesetzten Mineralien. Auch hier ist indes zu helfen mittels Aufbereitung im schlammigen Zustande.

Homogenisieren des Tones mittels maschineller Vorrichtungen. — Zu den nachfolgenden natürlichen oder den einfachern Mitteln der Homogenisierung des Tones kommen noch mechanische oder maschinelle und diese mehr für den gemischten Ton oder die Tonmasse. Je mehr jene ihrem Zweck bereits Genüge getan, um so vollständiger ist die Wirksamkeit der Maschine. Der größere Fabriksbetrieb drängt auf die Benutzung der Maschine, welche auf beschränktem Raume große Massen in kurzer Zeit oder in unbegrenzter Weise zu bewältigen vermag. Ist auch die Maschine nicht

---

selbe nicht hoch genug getrieben werden kann, muß man doch für die Praxis die ideale Seite des Begriffs der Homogenität von der realen scheiden; denn eine absolute Homogenisierung durch mechanische Mittel ist ebenso unmöglich, als eine vollständige Trennung. Im Porzellan, im Steingut usw. lassen sich unter dem Mikroskop Flußmittel und Tonteile noch von einander unterscheiden.



im stande, die Qualität des Materials zu ändern, so kann sie doch hinsichtlich der Zerteilung und namentlich innigster Durchmengung, wozu die mechanische Erwärmung[1]) kommt, die willkommenste Unterstützung und event. gegenüber der Menschenkraft billiger und jedenfalls unabhängiger, gewähren; doch ist es unrichtig und zeugt von Sachunkenntnis, alles von der Maschine erwarten und auf sie allein sich verlassen zu wollen. Die Verwendung einer Maschine setzt stets eine intelligente Einsicht voraus und ohne solche kann sie zu den unglücklichsten Resultaten führen.

Hinsichtlich der Wahl der Maschine im einzelnen Fall bleibt auch heute noch als sicherster Weg, sich an die Erfahrung anzulehnen, resp. an die eines Fachgenossen, der ein ähnliches Material verarbeitet und etwa gleiche Ziele verfolgt. Unter verschiedenen Maschinen ist der von der solidesten und keinenfalls zu schwächlichen Konstruktion der Vorzug zu geben, ein Umstand, der nur zu selten befolgt wird.

Bei den feuerfesten Tonen, welche in der Regel einer bestimmten, mehr gleichartigen, wohl auch reinsten Schicht entnommen werden, wozu bei der Anwendung noch kommt, daß der Bindeton nicht selten den kleinern Teil bildet, ist die Homogenisierung des Tones an sich von keiner solchen Bedeutung; dagegen spielt sie für die Masse jedweden Werkstückes in bezug auf die Wasseraufnahme des Tones, dessen größter, allerfeinster Zerteilung und innigster Durchmischung mit den Magerungsmitteln in besonderen Verwendungsfällen oft eine sehr wichtige und höchst subtile Rolle. Anderseits strebt man bekanntlich bei vielen feuerfesten Fabrikaten als Regel eine gewisse Unhomogenität absichtlich mittels Beimengung gröberer Teile zur Masse an, um die chemische Einwirkung der Tonbestandteile auf einander im Feuer zu verzögern.

Tonschneider. Hier ist zu besprechen und abzuhandeln die sowohl älteste und am meisten benutzte, als auch zweckdienlichste und wirksamste Tonzubereitungsmaschine, welche unter dem Namen „Tonschneider" bekannt ist. Übersehen darf man indes dabei nicht, daß die Arbeit dieser Maschine immer nur eine mechanische ist, eine Bewegung der Masse, während an den Bestandteilen des Tones als solchen dadurch nichts geändert wird. Er ist entstanden aus der bekannten holländischen hölzernen Claymühle und dem späteren eisernen Clayton'schen Tonschneider, die aber beide gradflächige Messer besaßen, während dieselben in der heutigen Maschine meist durch schraubenförmig gestaltete schneidende und zugleich drückende Arme ersetzt sind. Der je nach bestimmtem Zweck wie auch Material einzurichtende Tonschneider, welcher für den Kleinbetrieb weniger geeignet ist, gestattet eine große Produktion bei billigerer Arbeit und gewährt einen vollständigen Erfolg, wofern der zu übergebende Ton eine hinreichende Vorbereitung erfahren hat oder schon von natürlich günstiger Beschaffenheit ist, wie das bei manchen feuerfesten Tonen bereits der Fall, oder die Zusätze, wie z. B. Sand oder Schamotte als Homogenisierungsmittel mitwirken. Der Apparat hat die Aufgabe, den Ton oder die Tonmasse sorgsam zu schneiden, deren Teile durcheinander zu kneten, sowie auch zu dichten und kann dadurch die Reinigung von Steinbeimengungen bewirkt werden. Man hat die Tonschneider für Hand-, Pferde- und Dampfbetrieb jetzt wohl allgemein von Gußeisen konstruiert[2]).

1) cf. unten.

2) Gußeisen hat in seiner Anwendung dem Holz gegenüber den Nachteil, daß sich gußeiserne Tonschneider stellenweise nicht reparieren lassen.



Jeder Tonschneider besteht aus zwei Teilen: dem Mischgefäß (Faß, Zylinder oder Konus) zur Aufnahme des zu mengenden Tones und der sich drehenden Messerwelle, welche die Tonmasse durcheinander bewegt. Die Welle rotiert vertikal oder horizontal, ihre Umdrehungsgeschwindigkeit ist mäßig und darf eine bestimmte Grenze nicht überschreiten, weil der Ton eine gewisse Zeit haben muß, um sich mit dem Wasser völlig zu mengen. Im allgemeinen ist die Umgangsgeschwindigkeit bei Pferde- und Dampfbetrieb gleich zu nehmen; dem Umgange des Pferdes entsprechend, macht die Welle des Tonschneiders etwa 4—5 Umdrehungen in der Minute[1]).

Was die in den Tonschneidern benutzten Messer angeht, so sind dieselben verschiedenartig hinsichtlich der Form und Stellung. Man hat wie erwähnt glatte Messer, oder solche mit Zinken und Schraubensegmenten usw. Die glatten Messer zeigen bei dem geringsten Kraftbedarf die größte Homogenisierung; die Tonmasse verweilt alsdann länger im Tonschneider und wird daher öfter der schneidenden Wirkung der Messer ausgesetzt. Die Messer mit Schraubensegmenten schneiden, drücken und schieben den Ton gleichmäßig, wenn auch langsam, weiter und leisten daher mehr in quantitativer Hinsicht. Statt einer Messerwelle mit Schraubensegmenten hat man auch volle archimedische Schnecken in Anwendung gebracht, wodurch der Ton in einzelne durch die Gänge der Schnecke bestimmte Streifen geschnitten wird. Ferner hat man Tonschneider mit zwei Flügelwellen, wie ein solcher auf der Hermannshütte zu Hörde (Feuerfeste Abteilung) in Gebrauch ist. Was die Stellung der Messer betrifft, so liegen diese bei den älteren Tonschneidern in demselben Niveau. Eine wesentliche Verbesserung wurde wie angedeutet dadurch erzielt, daß man an der Welle einfache gegen den Horizont geneigte und in einer Art Schraubengang gestellte Messer anbrachte, welche auch einen ziemlich trocknen, zähen Ton nicht nur durchschneiden, sondern auch hinabdrücken und somit kneten, worauf dann das folgende Messer wieder dasselbe bewirkt; dabei stehen die Messer nach unten zunehmend dichter und flacher und die untersten erhalten behufs Auspressens der Masse eine Neigung von etwa 45^{0}.

Je nach der Beschaffenheit des Tones oder der Masse, wozu man das am besten trocken gemengte Material mit Wasser anmacht, dann einige Stunden stehen läßt und je nachdem man dieselbe steifer oder weicher präparieren will, wechselt man mit der Anzahl der Messer. Ein weicher Ton verarbeitet sich lange nicht so innig im Tonschneider, als ein möglichst steifer, weil jener sich den angreifenden Schneide- und Knetmessern infolge seiner größern Beweglichkeit leichter entziehen kann. Je steifer der Ton dem Messerdruck geboten wird, desto kräftiger wirken die Messer, doch ist der Kraftverbrauch um so größer und zugleich das Verschieben der Tonteilchen um so geringer. Keinenfalls darf derselbe so steif sein, daß sich die Messerschnitte erhalten. Man kann mit der Steifigkeit unter Erleichterung der Pferdearbeit so weit herabgehen, als die Masse noch homogen wird, und dieses erkennt man am besten an den Bruchflächen harter, aber noch nicht knochentrocken gewordener Tonstücke. Bei ungenügender Homogenität zeigen sich Blasen, Streifungen und Schichten von verschiedener Farbe. Sind Ungleich-

1) Man findet indes mit Dampf betriebene Knetmaschinen, die bis 15 Touren in der Minute machen. (Kerpely, S. 27.) Der Dampfbetrieb bietet außer der schnelleren Umdrehung auch den Vorteil des mehr unbehinderten Ein- und Ausbringens der Tonmasse.

heiten zu bemerken, so sucht man sich durch mehrmaliges Durchgehenlassen der Masse durch den Tonschneider zu helfen, wobei auf ein vorheriges 24stündiges Lagern des zu verarbeitenden Tones aufmerksam zu machen ist. Je mehr der Ton oder die Tonmasse dem Tonschneider in möglichst gleichmäßig feinem Korn übergeben wird, um so homogener wird er von demselben zubereitet.

Als eine mustergültige Konstruktion für einen Tonschneider empfiehlt Türrschmiedt[1]) ein konisches Holzgefäß mit eisernen Reifen von 1,57 m lichter Höhe, 0,94 m Durchmesser oben und 0,63 m Durchmesser unten, für die Leistung eines guten Arbeitspferdes. Die 27,36 qcm starke schmiedeeiserne Welle geht an ihrem oberen Ende durch den Kopf eines am oberen Faßrande befindlichen Bockes und wird mittels eines Ringes gegen den Kopf in senkrechter Stellung eingespannt und niedergehalten.

Am unteren Ende läuft die Welle in einem Stahlzapfen. Auf dem Kopfe des Bockes befindet sich eine eiserne Haube, die dem etwa 5,56 m langen Zugbalken zum Lager dient. Die Welle trägt je nach der disponiblen Kraft 10—18 Stück 105 mm breite Messer, von denen die obersten 6 mit der Oberkante horizontal gegen die vertikale Welle stehen. Sie haben einen 33 mm breiten abgerundeten Rücken, dem die Unterkante zugeführt ist, so daß die Tonmasse bei der Bewegung des Messers um 33 mm herabgedrückt wird. Die folgenden Messer von gleicher Form stehen zu je 4 unter einem Winkel von 10, 15, 20, 25 und 30 ^{0} gegen die Welle, so daß die Schneide höher steht, als der Rücken, wodurch der Druck der Messer immer wirksamer wird, je tiefer sie kommen. Der Verjüngung des Gefäßes entsprechend verkürzen sich die Messer und bleiben immer 39 mm von der Gefäßwandung entfernt. Sie gehen in einfacher Schneckenlinie an der Welle hinab und am unteren Wellenende befinden sich 4 Flügelmesser, welche unter einem Winkel von 45 ^{0} vor dem mit Schieber versehenen Tonschneideloch von 314 $\times$ 366 mm Weite auf dem Gefäßboden mit ihren Rückenkanten schaben. Das Faß muß während der Arbeit immer gehäuft voll gehalten werden.

Stehender oder liegender Tonschneider. Man unterscheidet die Tonschneider je nach der Lagerung der Welle als vertikale oder stehende und horizontale oder liegende. Jene sind besser zu montieren und dauernder, dagegen muß der Ton beim Einfüllen ziemlich hoch gehoben werden und diese, welche mehr Kraftaufwand und Flächenraum bedürfen, erfüllen ihre Bestimmung vollständiger. Sie finden wegen der vollkommenern Mischung namentlich in Fabriken feuerfester Produkte Anwendung. Das Kneten oder Mischen erfolgt um so vollständiger, je länger, was bei dem liegenden Tonschneider bei sonst gleicher Konstruktion der Fall ist — dieselbe Tonmenge unter der Wirkung der Messer oder Druckarme sich befindet. Umgekehrt leistet, wie dies schon hinsichtlich der Wirkung der glatten Messer gesagt

1) Notizblatt 5, 243—283 nebst Zeichnungen daselbst. Lacroix, Etudes sur l'expos. de 1867. Fasc. 31—35 p. 376. T. 233 f. 2. Lipowitz, Portlandzementfabrikation. 1868, S. 37. Schmerber, Maschinen zur Vorbereitung des Ziegeltones in Public. industrielle de machines usw. Paris 19, 33. Lambert, l. c. Fig. 24 u. 25. Lacroix, Etudes sur l'expos. de 1867. 7 Sér. Fasc. 31—35, p. 375. Bresl. Gewerbebl. 12, No. 24 (Tonschneider zu Carlowitz). Notizblatt 3, 70. Ebendas. 5, 391. Ferner empfiehlt Türrschmiedt die Tonschneider auf der Königl. Ziegelei Joachimsthal, welche, nach alter Weise gebaut, noch heute ausgezeichnete Dienste leisten. Notizbl. III, S. 184.

wurde, wenn es sich um rasche Durcharbeitung weicher Massen handelt, der stehende Tonschneider weit mehr in der gleichen Zeit.

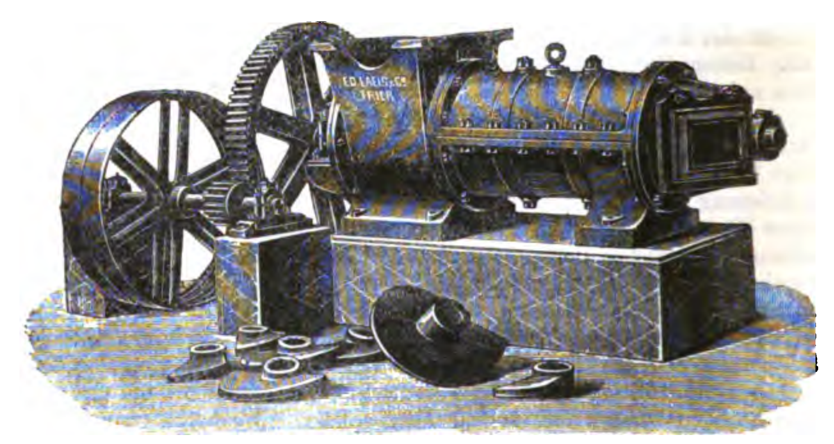


Fig. 11.

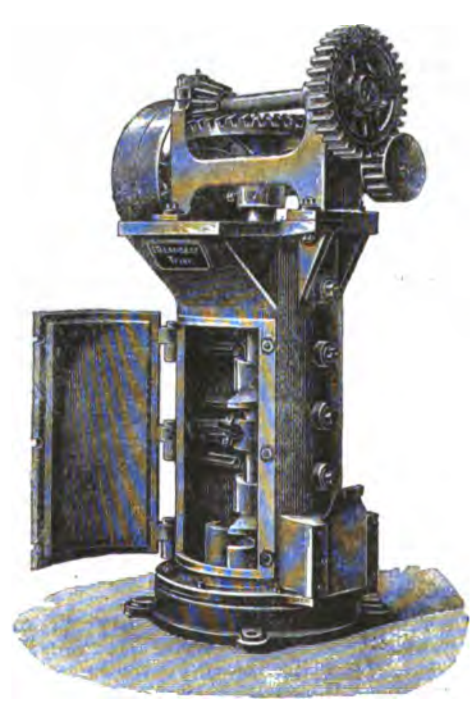


Fig. 12.

In Abbildung mögen hier unter anderen beigefügt werden ein liegender geschlossener (Fig. 11) und ein stehender Tonschneider (Fig. 12) aus der bekannten Eisengießerei und Maschinenfabrik von Ed. Laeis & Co. in Trier. Ferner ein Handtonschneider für Versuchszwecke von Th. Groke in Merseburg (Fig. 13). In neuester Zeit wurde unter Nr. 145171 deutsches Reichspatent ein verbesserter Tonschneider patentiert, welcher mit zwei nebeneinander geordneten, im entgegengesetzten Sinne bewegten Messern konstruiert ist. Töpf.- u. Ziegel.-Ztg. 1903, Nr. 95.

Kombinierte Tonbereitungsmaschine. — Eine recht vollkommene Zubereitung mancher Tone wird erreicht durch Kombination von Walzen mit einem Tonschneider. Während die Walzmühle den Ton zermalmt, zerreibt und in gewissem Grade auch mischt, bewirkt der Tonschneider ein Zerrschneiden, Durchkneten und Mischen [1]).

1) Siehe Michaelis, Hydraul. Mörtel, S. 111 nebst Zeichnung, den von Hertel u. Comp. in Nienburg konstruierten und daselbst empfohlenen Quetsch-

Namentlich zur Zerkleinerung gröberer Beimengungen oder für sehr harte Tone hat man neuerdings vor den Tonschneider Quetschwalzen (siehe unten Schlickeysen, Vortrag) gelegt, welche mit verschiedener Geschwindigkeit rotierend, dieselben erfassen und zerdrücken, sowie dem Tonschneider kontinuierlich Material zuführen. Sind die Steine zu groß oder zu hart, so vermag eine Walze von selbst auszurücken und bewirken angebrachte Siebvorrichtungen deren Absonderung.

Ein noch etwa hierhin gehöriger Apparat „die Mischtonne" findet sich unten bei den Glashäfen beschrieben.

Universaltonschneider. — Auch der bestkonstruierte, leistungsfähigste Tonschneider kann nie als Universalmaschine dienen, d. h. als eine Knetungsvorrichtung, in der jedweder beliebige Ton, ohne zweckmäßige An-

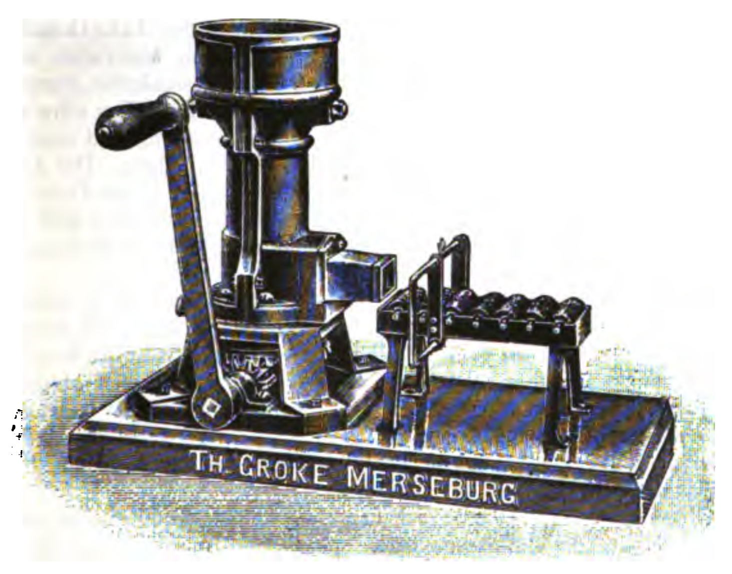


Fig. 13.

passung an dessen besondere Beschaffenheit, zu einer homogenen Masse für sich oder mit den erforderlichen Zusätzen umzuwandeln wäre. So viel auch immerhin durch Maschinenarbeit zu erzielen ist, so ist doch deren höchster Erfolg stets von gewissen natürlichen Vorbedingungen abhängig.

Die Leistung eines gut eingerichteten Tonschneiders, welche von der Größe des Gefäßes, der Austrittsöffnung und Umdrehungszahl der Messerwelle abhängig ist, beträgt bei Mauersteinen an 10 000 Stück pro Tag. Der Kraftbedarf ist wie schon erwähnt um so größer, je steifer die Masse, welche Steifigkeit sich bei den fetten Tonen in höherem Maße zeigt.

Ein Tonschneider, der als Homogenisierapparat dienen soll, ist rationell betrachtet nicht als Apparat für die Formgebung gleichzeitig zu verwenden. Beide teilweise entgegengesetzte Zwecke lassen sich nur auf Kosten des einen

und Schneideapparat. Siehe ferner Dinglers Journal 219, S. 47. Von einem ähnlichen Apparat gibt Seger Andeutung Notizbl. VII, S. 140, Note.

oder andern erreichen; zu einer genügenden Ausführung dieser Zwecke sind daher zweckdienlicher zwei Apparate nacheinander zu nehmen.

In betreff von Neuerungen sei verwiesen auf einen Vortrag von Schlickeysen in der 21. Generalversammlung (1885) des D. Ver. für Ton-, Zement- und Kalkindustrie, worin namentlich die Misch- und Homogenschnecke, besprochen wird und ferner auf die erwähnte Kombination von Tonschneider mit Walzwerken von Jordan Sohn in Darmstadt, (Töpfer-Ztg. 1887, Nr. 51). M. s. ferner Gruber „der Tonschneider". Auf der Pariser Ausstellung 1900 fand sich eine vollständige Mahleinrichtung von der bekannten Firma F. L. Smidth & Co. in Kopenhagen für Schamotte und Ton usw.

Besonders anzuführen ist hier die Jochumsche Teil- und Mischmaschine, welche automatisch die ihr übergebenen Gemengteile mischt und bei ausreichender Arbeitszeit eine gleichmäßige Mischung gewährleistet.

Schlußbemerkungen über einiges aus der fabrikmäßigen Erfahrung. — Bei Verwendung von quarzhaltigen Materialen sind die eisernen Tonschneider zu verwerfen, da sie zu stark ausschleißen, damit Eisenflecken in die Masse bringen und die Reparatur derselben allzu schwierig ist. Statt allmählicher Verengung des Tonschneiders nach unten, zieht man gleiche Weite desselben vor, doch sind die Messer stetig zu vermehren. Die Achse besteht am zweckmäßigsten aus massivem Eisen von 10—15 cm Durchmesser, welche, soweit Messer daran befestigt sind, kantig, viereckig sein soll.[1]) Eine Verbindung von Holz und Eisen ist zu vermeiden. Die Messer sind am besten von Gußeisen.

Auch findet man Tonschneider einfach viereckig aus Holz konstruiert. Es bildet sich darin von selbst ein zylindrischer Arbeitsraum und in die toten Ecken schieben sich Steine oder zufällige härtere Gegenstände. In England hat man bei der Steingutfabrikation zum Bearbeiten des Tones Tonschneider mit achtseitigem Querschnitt, welcher dem kreisförmigen vorgezogen wird, weil der Ton an den Winkeln Widerstand findet und die einen Kreis beschreibenden Messerspitzen des Tonschneiders den Ton nicht mit herumnehmen, sondern durchschneiden.

In betreff der Aufstellung der Tonschneider ist die Rücksicht zu beobachten, daß man die Materialien leicht einschaufeln und dagegen die fertige Masse einige Stufen tiefer bequem abnehmen kann, oberhalb des Formkanals. Sehr wesentlich ist die Lage der Tonschneiders in Beziehung zu den Formtischen oder Formmaschinen. Am günstigsten gestaltet sich die Anlage, wenn sich die zum bequemeren Einschöpfen versenkt stehenden Knetmaschinen oberhalb der letzteren befinden, so daß die austretende geknetete Masse nicht wieder gehoben zu werden braucht, sondern direkt in das Formlokal gelangt.

Tonerwärmung. — Beim Durchkneten des Tones durch die Vorbereitungsmaschinen erleidet derselbe wie jeder Körper, welcher einer mechanischen Arbeit, wie Reibung, Druck und Stoß unterliegt, eine Temperaturerhöhung. Die Tonmasse gewinnt dadurch an Bildsamkeit. Nach Daubrée kann so im geschlossenen Tonschneider sich die Temperatur um 30° erhöhen. Auf die Erwärmung ist der Konsistenzgrad des Tones von Einfluß und erwärmt sich unter gleichen Umständen eine körnige (magere) Masse rascher als eine plastische. Ferner ist bei gleichen Zeiten die unter Walzen hervorgebrachte

1) Beide Einrichtungen wurden bereits von Türrschmiedt empfohlen im Notizbl. V, S. 248.

Temperaturerhöhung viel größer als die im Tonschneider sich einstellende. Man sehe weiteres Töpfer-Ztg. 1882, Nr. 21.

Vorbereitung.

Das Ziel aller präparativen Behandlung des Tones oder gewissermaßen seiner Aufbereitung oder der damit in rationeller Weise vorzunehmenden Operationen besteht darin: die vorstehend eingehender besprochene Homogenität herbeizuführen und folgt aus diesem vielumfassenden Begriff, daß zum sichern Erfolg nicht selten ein tieferes Eingehen auf die physikalischen Eigenschaften des Tones erforderlich ist. Die betreffenden Arbeiten, bei denen man zwischen Homogenisierung und Reinigung zu unterscheiden hat, welche letztere bei merklich unreinen Tonen vorher zu gehen hat, sind der Natur des Tones anzupassen und auf dessen genauer Kenntnis zu basieren. Im allgemeinen ist hierbei die chemische Veränderung meist von geringerem Belang, als die physikalische; tritt doch gerade bei den feuerfesten Tonen letztere oft mehr in den Vordergrund als erstere. Eine gute Vorbereitung des Tones befördert jedenfalls seine mechanische Haltbarkeit im Feuer.

Auswintern. — Das Auswintern oder Ausfrieren (dem entgegensteht das Austrocknen durch sommerliche Hitze, Aussommern knochenhart), dieses wertvolle und ebenso einfache wie ausreichende Mittel, wenn es nur vollständig zur Wirkung gekommen, bezweckt eine leichtere mechanische Bearbeitung des Tones. Mittelst unzähliger Risse infolge der Volumenvergrößerung des Wassers bei seinem Übergang zu Eis (100 ccm Wasser geben ungefähr 110 ccm Eis) wird das Material in die kleinsten Partikelchen zersprengt und damit dann auch sein Zusammenhang oder seine bisherige Struktur zerstört. Eine chemische Wirkung kann der Frost zunächst einleiten, wenn infolge der Zerklüftungen einige Stoffe bloßgelegt, alsdann zersetzt, gelöst und ausgewaschen werden.

E. Cramer legte dar, daß das Wintern eines Tones nicht unter allen Umständen geboten ist und zwar dann nicht, wenn ein mit fein verteiltem Schwefelkies durchsetzter Ton zur Fabrikation reinfarbiger Ziegelwaren dienen soll. Der für sich unlösliche Schwefelkies hat dann Gelegenheit, sich in schädlicher wirkendes lösliches Eisensulfat umzusetzen. Soll das Ausfrieren in Halden geschehen, so sind dieselben in einzelnen Schichten von höchstens 50—60 cm Höhe aufzuschütten und darf eine zweite und dritte Halde erst aufgebracht werden, wenn der darunter liegende Ton durchgefroren ist. Um die Frostwirkung noch zu verstärken, muß Wasser auf die Schicht gegossen werden, welches in die Hohlräume eindringt. Tonind.-Ztg. 1897, Nr. 22, 1899, Nr. 13.

Die Auswinterung eines Tones vollzieht sich nach Schumacher[1]) am günstigsten und wirksamsten, wenn die Tonklumpen nicht zu groß sind, so daß sie vom Frost leicht vollständig durchdrungen werden können; doch dürfen sie auch nicht zu klein sein, damit das Trocknen derart erfolgen kann, daß wenigstens ein innerer Kern noch vollständig mit Wasser durchtränkt ist, wenn die äußere Schicht trocken geworden ist. Die zweckmäßige Größe der Tonballen hängt von der Weite der Poren oder dem Umstande ab, ob die kapillare Bewegung des Wassers aus dem Innern des Ballens eine schnelle oder langsame ist. Bei grobporigem Ton findet der Ausgleich des Wassers zwischen innen und außen rascher statt, sowie derselbe um so träger vor sich geht, je feiner die Poren sind.

1) Sprechsaal 1883, No. 29.

Ferner wird das Auswintern, das indeß heute infolge der verbesserten Technik nur selten noch zur Anwendung kommt, um so erfolgreicher sein, je mehr Wasser im Ton enthalten ist und je öfter Durchfrieren und Auftauen sich wiederholen. Es wird alsdann mit dem immer reichlichern Wassereindringen eine stetig größere Volumenvermehrung sich einstellen, d. h. eine endlich erhebliche Lockerung des Tones, namentlich fetter Tone. Neben den physikalischen Veränderungen spielen immerhin beim Auswintern wie gesagt auch chemische Wirkungen eine Rolle mit.

Die Sommerung des Tones, welche in einem wiederholten völligen Austrocknen und Wiederdurchfeuchten besteht, vermag ebenfalls, wenigstens bei manchen Tonen wie Schumacher dargelegt hat, eine Lockerung und damit reichlichere Homogenisierung herbeizuführen, wenn auch nicht in dem Maße, wie das Auswintern. Wenn ein völlig ausgetrockneter Ton, der noch das natürliche Grubengefüge hat, sich mit Wasser sättigt, so dehnt er sich aus.

Man pflegt das Auswintern zum Zwecke der Erleichterung der Verarbeitung, wie auch Beförderung der Verwitterung vornehmlich nur mit den Ziegeltonen vorzunehmen, dagegen wird bei den feuerfesten Tonen, bei denen vor allem das Augenmerk darauf zu richten ist; daß keine Unreinigkeiten irgendwelcher Art hinzukommen, die Homogenisierung auf trocknem Wege mit Vorzug in Anwendung gebracht, indem man die lufttrockenen Tone pulvert und zwar je feiner dies geschieht, um so besser; eine innige Mischung mit anderen Stoffen ist dann um so vollkommener zu bewirken. Kommt dazu, daß der Ton zu den wenig harten oder beträchtlich porösen sowie leicht trocknenden gehört, so ist der trockene Weg auch überhaupt der zweckmäßigste und vorteilhafteste.

Auswittern und dadurch bewirkte Reinigung und Scheidung. — Ein Verwittern, Verwettern oder Auswittern kommt besonders bei den Schiefertonen in Anwendung, wie die folgende Beschreibung der Behandlungsweise der verschiedenen englischen Schiefertone und der Zubereitung der Tone in Belgien und England zeigen soll. Man setzt die Tone tunlichst zugänglich[1]) atmosphärischen, also auch chemischen Einwirkungen d. h. möglichst lange[2]) einem häufigen und nicht ungeeignet schroffem Wechsel der Hitze, Kälte, Sonne und des Regens aus.

Kommen z. B. Schwefelkies und kohlensaurer Kalk[3]) im Ton vor, so geht ersterer sich oxydierend nach und nach in schwefelsaures Eisenoxydul über und kann sich dieses mit dem Kalksalz in Gips und kohlensaures Eisenoxydul, also in auslaugbare[4]) Verbindungen, umsetzen. Durch im Tone enthaltene, an der Luft unter Feuchtigkeit und Wärme um so mehr der Zersetzung unterworfene organische Stoffe, werden andererseits Eisenoxydverbindungen reduziert und entstehen gleichfalls lösliche Eisenoxydulsalze.

Diejenigen der entstehenden Salze, wie z. B. der Gips, welche mit Wasser krystallisieren und dadurch an Volumen zunehmen, können nach Kuhl-

---

1) cf. Türrschmiedt, Notizblatt IV, S. 225 u. 229.

2) Den schwedischen Ton von Höganäs überläßt man über 10 Jahre lang der Verwitterung. cf. Dinglers Journal 167, 37.

3) Nach Senft (Tonsubstanzen, S. 33 u. 90) verlieren Tone ihren Kalkgehalt, wenn man sie mit Düngerjauche oder Torfbrühe überschüttet, dann 14 Tage lang unter öfterem Umrühren sich überläßt. Dieselbe Wirkung, d. h. ein Ausziehen des Kalkes, bringen die Pflanzenwurzeln zuwege.

4) Je fetter ein Ton, um so beschränkter ist die Auslaugbarkeit.

mann [1]), ähnlich dem Froste zum Zerfallen eines Tonmaterials beitragen. So wird der Ton von Garnkirk in der Nähe von Gartsherrie, bekanntlich ein grauer bituminöser, wenig sandiger Schieferton aus der schottischen Steinkohlenformation [2]) dem Verwitterungsprozeß ausgesetzt. Die 0,91 bis 1,83 m mächtigen Schiefertonbänke folgen dem Fallen nnd Streichen des Steinkohlengebirges, werden mittelst unterirdischen Bergbaues gewonnen und müssen, um ein gutes Produkt zu geben, möglichst frei sein von Sand und Schwefelkies, namentlich von letzterem, der ein leicht schmelzbares Eisentonsilikat, besonders aber eine Veranlassung zum Springen der Steine beim Brennen gibt. Er wird aus beträchtlicher Teufe gefördert und über tage in Halden von 4,5 bis 6 m Höhe aufgestürzt, wo er dann 2 bis 3 Jahre auswittert, alsdann heller wird, sich aufbläht und unter Wasseraufnahme seinen Schwefelkiesgehalt verliert, welcher in Eisenvitriol übergeht und von dem Regen ausgewaschen wird; schließlich zerfällt der Ton zu einem klebrigen, ballbaren Pulver. Dabei zerfallen mehr die tonigen, homogenen Teile, während sich die kieseligen sandigen als festere Masse erhalten. Der Schieferton enthält Lagen eines sandsteinartigen Zwischenmittels sowie sphärosideritische Knollen von Eisenkarbonat, welche augenscheinlich von der Verwitterung und Umbildung von Schwefelkies herrühren. Dann unterwirft man denselben einer Klaubarbeit, wobei die sehr sandigen oder durch Eisenoxydhydrat braungefärbten Schiefertonstücke oder die mit der Hand nicht leicht zerdrückbaren ausgehalten und teils weggeworfen, teils auf die Halden zurückgegeben werden zur nochmaligen Verwitterung.

Ebenso wird außer den schwedischen Steinkohlentonen von Höganäs Stapparb usw., der von Glenboig teilweise wenigstens einer Verwitterung an der Luft ausgesetzt; letzeres geschieht besonders, wenn Eisennieren in dem Ton vorkommen.

Das berühmte Lager von feuerfestem Tone, welches sich bei Stourbridge in der englischen Grafschaft Worcester (dicht an der Grenze von Staffordshire) findet, und welches mit dem zu Garnkirk zum Teil die in früherer Zeit bestkannten, doch jetzt namentlich in Deutschland vielfach überholten feuerfesten Fabrikate liefert, hat eine Ausdehnung von etwa zwei englischen Meilen in der Länge und streicht in geneigter Richtung aus einer nicht genau bekannten Tiefe zu tage aus.

Das Tonlager selbst hat eine durchschnittliche Mächtigkeit von $1\,^2/_3$ m, welche jedoch stellenweise bis auf 1 m sinkt. Die Qualität der verschiedenen Schichten ist sehr ungleich und namentlich in der Mitte besser, als da, wo der Ton mit dem Hangenden und Liegenden in Berührung kommt.

Die Gewinnung des Tones geht, wie wiederhold angeführt, in regelrecht bergmännischer Weise vor sich, genau wie die von Kohle und Eisenstein daselbst.

Schon in der Grube wird der Ton in drei verschiedene Qualitäten sortiert: 1. die beste für Glashäfen und Hochöfen (gebraucht zum Kernschacht); 2. für Schmelztiegel, benutzt zum Schmelzen von Messing und Eisen (für feinere Waren); 3. für feuerfeste Ziegel und Formsteine aller Art. Die ersten beiden Nummern werden bei der Verarbeitung mit schon gebranntem Tone gemischt, die dritte nicht, und zu ihr kommen auch alle die Abfälle der beiden ersten

1) Dinglers Journal 208, 127.

2) In England finden sich in bevorzugter Weise meist Ton und Kohle unmittelbar zusammen und dazu an Wasserwegen liegend.

Sorten. Außerdem wird in allen drei Qualitäten noch zwischen streng und mild, d. h. harter und weicher, sandiger oder mehr toniger Abart, unterschieden; beide werden getrennt gehalten und nach Erfordernis gemischt. Die ersten beiden Qualitäten werden, sowie sie zu tage gefördert sind, noch einmal sortiert, Weiber zerschlagen die Stücke mit dem Hammer und sondern jeden mit Äderchen von Eisenstein und anderen Verunreinigungen durchzogenen Teil aus. Die so verworfenen Stücke kommen als Abfall zur dritten Sorte und gehen alle mit in die Ziegelei. Die für gut befundenen Stücke werden vor dem Mahlen ganz klein zerschlagen und einer letzten sehr sorgfältigen Sortierung unterworfen. Der vollständig ausgelesene und gereinigte Ton der ersten Oualität wird in ringsum geschlossenem Schuppen aufbewahrt, um ihn vor dem Regen zu schützen. Die anderen Sorten werden im Freien gelagert resp. man läßt sie verwittern. Alle diese Vorsichtsmaßregeln sind durchaus nötig, um die für Glashäfen und Hochöfen erforderliche ausgezeichnete Qualität zu erreichen.

Der Ton wird, nachdem er mit Hämmern zerschlagen, auf großen Kollergängen mit rotierender Tischplatte von über 2 m Durchmesser, deren Walzen bis 3 t wiegen, zermahlen. Der Mahlboden ist durchlöchert, und der durchfallende Ton gelangt mittelst eines Paternosterwerkes in eine Siebtrommel. Das Durchgesiebte gelangt in einen anderen Elevator, das Grobe kommt unter die Walzen zurück. Für Feinton zu Schamottemörtel hat das Sieb 25 Maschen auf 1 qcm, für Ziegelton nur 3. Dieser zweite Elevator bringt den feinen Durchfall für Mörtel auf ein Transportierband, welches ihn in die Waggons entladet, und wenn mit Ziegelton gearbeitet wird, so schüttet er das Feine in eine Röhre, die es zu den Knetmühlen führt, deren 4 um die Röhre aufgestellt sind. Sobald der Ton unter Wasserzusatz die richtige Konsistenz in diesen Mühlen erhalten hat, wird er in kleine Wagen geladen, die durch einen Dampfelevator auf das obere Niveau des Trockenraumes gebracht und von dort auf Schienensträngen zu den Formbänken transportiert und abgestürzt werden. Ein Mann versorgt auf diese Weise 9—10 Former mit Ton, deren jeder wieder mit einem Gehilfen täglich 2500 Ziegel fertig stellt. Ein beim Trocknen der Glenboigsteine mit zweifachem Vorzug verwendeter und patentierter Trockenofen hat, was hier angeführt werden mag, folgende Konstruktion. Die Trockenkammern, 36 m lang und 9 m breit, werden nur von dem einen Ende aus geheizt. Ihr Boden besteht aus Eisenplatten von 16 mm Dicke, nur die hintere Hälfe ist durch einen Hohlraum von 200 mm Höhe und durch einen Tonboden von 75 bis 100 mm Dicke gegen die direkte Einwirkung des Feuers geschützt. Dieser Hohlraum steht mit der äußeren Luft (gleich oberhalb des Rostes) in Verbindung, wodurch man eine Temperaturerniedrigung in dem vorderen, der Feuerung am nächsten liegenden Teile des Bodens und zugleich eine vollständige Verbrennung der Gase in der hinteren Hälfte erzielt. In einem solchen Ofen sind die Trockenkosten nicht nur überhaupt geringer, sondern man trocknet auch das Doppelte, wie nach der alten Methode (täglich 20,000 bis 24,000 Stück).

Versuche, die Ziegel durch Röhrenheizung mit Dampf oder durch heiße Luft zu trocknen, haben kein so günstiges Resultat geliefert, da durch das dabei notwendige Aufbauen der Ziegel größere Arbeitskosten und Zeitverlust entstehen; siehe dagegen die Beschreibung der nachfolgenden vortrefflichen Trockenanlagen von Möller & Pfeifer. M. s. w. Tonindustrie-Kalender 1903 II. Teil S. 418.

Scheidung. — Außer der schon erwähnten Sortierung läßt man, wo es nötig, den noch weichen Schieferton zur Befreiung von darin sichtbar sich vorfindenden fremden Körpern unter einem Schuppen längere Zeit an der Luft trocknen und bewirkt darauf nach seinem äußeren Ansehen und seiner Beschaffenheit eine Absonderung mittelst Handarbeit.

Die größeren Blöcke zerschlägt man in Stücke, liest etwaige Gesteintrümmer, Schwefelkies und alle fremdartigen Beimengungen aus und bildet, sich an gewisse äußere Kennzeichen haltend, um verschiedene Qualitäten zu erhalten, mehrere Haufen. Diese Vorarbeit ist bei Tonen von unregelmäßiger Struktur, oder, wenn sie nicht aus derselben Grube stammen, unerläßlich, indem, wie dies die Analysen und auch die Erfahrung dartun, die Eigenschaften der Tone in den verschiedenen Schichten mannigfachem Wechsel unterworfen sind.

Zubereitung.

Hierzu gehört eine Reihe von Manipulationen, die mit den Tonen vorgenommen werden, so das Trocknen, das Einsumpfen, das Schlämmen, das Mahlen in Quetsch- und sonstigen Zerkleinerungswerken, das Sieben, das Anmachen, Kneten usw. und das homogen machen mittelst maschineller Vorrichtungen, wohin vor allem der Tonschneider [1]) zu rechnen ist. Ferner sind hier zu erwähnen einzelne künstliche Mittel [2]).

Trocknen [3]). — Während die Töpfertone und wenn auch seltner die Ziegeltone meist eingesumpft werden, läßt man, wie schon angedeutet, besonders die plastischen feuerfesten, nachdem sie zum teil schon in oder außer der Grube sortiert und ausgesucht oder sobald die Schiefertone ausgewittert, und resp. gereinigt sind, in sorgsamst reinlicher Weise trocknen, entweder in freier Luft in gut ventilierten Räumen, oder mit Benutzung sonst verloren gehender Wärme, oder direkt über und in Brennöfen oder Kanälen oder in eigens konstruierten Trockenöfen. Das Trocknen ist, wie bekannt, ein gutes Mittel den Ton dem Wasser zugänglich zu machen; er weicht dann rasch auf, während derselbe namentlich je fetter er ist, bei einem gewissen Wassergehalte der weiteren Aufnahme außerordentlichen Widerstand entgegengesetzt.

Mit Hilfe des im Sommer wie im Winter ausführbaren Trocknens und späteren möglichst feinen Mahlens, das um so leichter und vollständiger zu bewirken ist, je trockener das Material, läßt sich eine recht gleichmäßige Verteilung der Gemengteile des Tones in tunlichst vollkommener Weise erzielen [4]). Man sehe weiter Trocknen der geformten Masse im folgenden Kapitel.

---

1) Man sehe oben, S. 205.

2) So wird, um einer magern Tonmasse mehr Bildsamkeit zu geben, ein Zusatz von Teer empfohlen; ähnlich wirkt auch Gummi, Leim usw. und soll man nach Kerpely, um gebrannten Schiefer plastisch zu machen zum Bindewasser 6 Proz. Schwefelsäure fügen und denselben zwei Tage lang liegen lassen. Es bildet sich Tonerdesulfat, welches in der Tat das Bindevermögen vermehrt aber zugleich auch das Schwinden und ein Lockerbrennen. Mittelst eines Zusatzes von 4 Proz. Gummi arabicum zu einem Tone, gewinnt derselbe beträchtlich an Härte, Dichtigkeit und Bindevermögen, ohne daß aber dessen Schwinden im Feuer ein größeres wird, ja im Gegenteil es vermindert sich bei Silberschmelzhitze. Der Verfasser Sprechsaal 1880. S. 147.

3) Die Trockenweise der Fabrikate folgt in Kapitel V.

4) Über den besonderen Wert des trockenen Mehls, wie ferner des Aus-

Einsumpfen des Tones. — Die Zubereitung des Tones begreift in sich, doch nicht unbedingt, das Einsumpfen oder das Einbringen des Tones in ausgedielte oder in Zement ausgemauerte dichte Gruben, welche nicht tiefer ein sollen als 1 m und 3—4 m lang und 1,5—2 m breit [1]). Wiewohl diese Operation für rohe feuerfeste Tone in der Regel nicht im Gebrauch ist [2]), häufiger aber für Tongemenge oder feuerfeste Masse als eine Art von Faulung, um vornehmlich die Differenzen in der Schwindung verschieden nasser Materialien aufzuheben, so soll dennoch hier kurz dessen Zweck, Erfolg, wie die Bedingungen und deren vollständigere Erfüllung beschrieben werden.

Sumpfen bezweckt die Tonmasse mit Wasser zu durchtränken. Es ist dabei sowohl die richtige Menge Wasser wie dessen gleichmäßige Verteilung, sowie Reinheit [3]) zu beachten [4]). Der Ton muß erst ein- und durchweichen, um häufig nur vorbereitend eine verarbeitbare weiche und ebenso event. eine zur Mischung geeignete Masse zu geben; denn durch Sumpfen allein die erforderliche Steifigkeit zu erlangen, ist ungemein schwierig. Bei etwaigem Wasserüberschuß kann man sich helfen, wenn man dem zu weichen Ton gemahlenes trockenes Tonpulver zugibt. Türrschmiedt bezeichnet das Einsumpfen als eine Vorarbeit und zwar als eine unerläßlich notwendige

---

trocknens der Tone spricht sich Türrschmiedt eingehend aus Notizblatt V, S. 391—395. Er behauptet, „daß durch Zerpulvern des trockenen Tones sich eine ebenso homogene Masse darstellen läßt wie durch Bearbeiten im plastischen Zustande“. Desgl. cfr. Seger, Notizbl. VIII, S. 122. Und weiter VII, S. 142. Die Mittel, um den Widerstand, welchen der Ton dem Wasser entgegenstellt, aufzuheben, sind entweder Austrocknen, wie Aussommern oder Ausfrieren. Der harttrockene Ton sättigt sich mit Wasser so vollauf, daß er in kurzer Zeit zu einem Schlammhaufen zusammensinkt, der auch nichts von seiner früheren Beschaffenheit von Adern, Schichten, gefleckten Charakter usw. verrät.

1) Über die weitere Einrichtung siehe Tonindustrie-Ztg. 1887, No. 44.

2) In dem Falle, wenn ein feuerfester Ton mit Sand oder Quarztrümmern versetzt wird, kann man mit dem Sumpfen das Trocknen und Mahlen desselben sparen.

3) Es werden, was, wie naheliegend es auch ist, nicht immer beachtet wird, im Verlauf der Fabrikation dem Tone leicht durch das Sumpfen oder durch das zum Anmachen des Tones gebrauchte Wasser Salze beigebracht. Da mindestens 30 Proz. vom Gewicht des Tones an Wasser beim Anmachen allein benutzt werden, ist besonders bei Herstellung vorzüglich feuerfester Fabrikate auf ein möglichst reines Wasser (Regen- oder Bachwasser) bedacht zu nehmen. (cfr. Olschewsky, Töpfer- u. Ziegler-Ztg. 1884, 24.)

4) Olschewsky empfiehlt die erforderliche Wassermenge in folgender Weise zu ermitteln. Man versetzt ein kleines Durchschnittsquantum des Tones sukzessive so lange mit Wasser, bis er die gewünschte Konsistenz erreicht hat. Aus diesem Tonteige formt man sich einen beliebigen Körper, wägt denselben und läßt ihn lufttrocken werden. Indem man ihn im lufttrockenen Zustande wieder wägt, erfährt man die Wassermenge, welche eine gewisse Gewichtsmenge Ton zur Hervorrufung des gewünschten Plastizitätsgrades erfordert. Bestimmt man dann den Wassergehalt, welchen der zur Einsumpfung gelangende Ton bereits aufweist, so kann man, da das ungefähre Gewicht der nach dem Sumpfen getrockneten Masse durch die Karrenzahl leicht zu ermitteln ist, den Wasserzusatz einigermaßen genau begrenzen. (Olschewsky, Katechismus S. 94.)

Unter anderen gehört hierhin eine (No. 89113) patentierte Mischmaschine von Krocker, welche gekennzeichnet ist durch eine unter dem Einwurfstrichter angeordnete, mit Längsrippen versehene Mischwalze im Zusammenwirken mit einer in derselben Richtung wie diese sich drehenden, seitlich darunter über einen Blechboden gelagerten Mischwalze, welche mit abwechselnd massiven und durchbrochenen Flügeln versehen ist und das Gut in den Raum fördert, in dem sich die Transportschnecke bewegt. (Tonind.-Ztg. 1896, No. 70.)

für den Tonschneider. Gewöhnlich unterwirft man gut ausgewinterten Ton gleich dem Einsumpfen; bei dem dies nicht oder schlecht bewirkt war, ist ein vorheriges Zerkleinern in dünne Schichten durch Schneiden oder auch vorheriges Walzen erforderlich. Das Einlegen des Tons in den Sumpf geschieht in dünner regelmäßiger Verbreitung mit der Schippe, und bei verschiedenen Materialien lagenweise. Magerer Ton, bei welchem eine größere Zerteilung vorhanden und die Angriffsfläche eine vermehrte ist, erweicht bekanntermaßen rascher als fetter. Ersterer nimmt aber weit weniger Wasser auf. Während der fette Ton auf ein Volumen mehr als $^1/_2$ Volumen Wasser (oder bis zu 40 Gewichtsprozente) gebraucht, genügt bei mittelfettem $^1/_2$ und bei magerem Lehm $^1/_4$ Volum Wasser. Es wird das Wasser verschluckt, so daß der gesumpfte Ton einschließlich Wasser selbst ein geringeres Volumen einnimmt, als der ungesumpfte. Der gesumpfte Ton soll völlig gleichmäßig durchfeuchtet sein. Mit einem Draht muß sich derselbe glatt durchschneiden lassen und darf er nicht beim Durchkneten an den Händen hängen bleiben. In neuerer Zeit hat man sich auch zum Einsumpfen künstlicher Mittel bedient, so der archimedischen Schraube (Berl. Töpfer- u. Ziegl.-Ztg. 1886, Nr. 38 u. 39) des Wasserdampfes usw., ein wohl zu teures Mittel (Leitm. Central-Anz. 1887, 3). Die Beschreibung nebst Zeichnung einer vielfach bewährten Sumpfanlage findet sich Tonind.-Ztg. 1897, Nr. 103.

Gewinterter Ton sumpft schneller und gleichmäßiger, als unausgewinterter. Trockner Ton erweicht leichter als halbfeuchter oder ungleichmäßig trockner, und empfiehlt daher Türrschmiedt das Einsumpfen des lufttrockenen Tones, dem noch besser ein Schlämmen vorhergeht. Die Gare wird dadurch angezeigt, daß ein Klumpen Ton bis in die Mitte stetig durchnäßt erscheint, plastisch ist, dem Druck nachgibt und sich zwischen den Fingern gleichmäßig ausstreichen läßt.

Das Faulen. — Erinnernd an den Satz Türrschmiedt's, „daß es immer praktisch, jedenfalls sicherer ist, die Grenzen, welche die Bearbeitung des Materials fordert, zu überschreiten, als sich auf das Genaueste darin zu beschränken", soll hier das Faulen und der damit verbundene Vorgang näher besprochen werden. Durch das Faulen wird eine Masse oder der Ton darin erfahrungsmäßig leichter verarbeitbar, plastischer, mehr gleichmäßig, dichter und luftfreier, auch feuerfester und liefert Produkte, die sich unter sonst gleichen Umständen beim Brennen um so günstiger verhalten, je länger die feuchte Masse gelagert hat. Die Veränderungen, welche beim Faulen der Masse vor sich gehen, sind leider wissenschaftlich zwar noch nicht vollständig erklärt, dennoch soll, was darüber bekannt geworden, hier kurz zusammengestellt werden.

In betreff der Porzellanmasse weiß man, daß sie ungefähr nach drei Monaten im Innern grau, später schwarz wird und sich ein Geruch nach Schwefelwasserstoff entwickelt. Diese Erscheinungen treten um so rascher ein, je feiner die Masse und zwar um so mehr, je weniger rein das Wasser an organischen Substanzen war, daher man zur Beförderung Jauche [1]) oder Moorwasser zuschüttet. Bei Anwendung von destilliertem Wasser lassen sich diese Beobachtungen nicht machen, was von tiefer Bedeutung ist. Die Färbung fängt erst weiter unter der Oberfläche an und wird intensiver in größerer Tiefe.

1) Hierdurch werden, was in feuerfester Hinsicht zu beachten, Salze in die Masse gebracht.

In Berührung mit Luft schwindet nach einigen Stunden die Färbung, es bildet sich Kohlensäure, und wenn man die Masse auswäscht, enthält das Wasser nach Beobachtungen von Salvétat schwefelsaures Eisen in Lösung. Der Schwefelwasserstoff entsteht durch die Einwirkung organischer Substanz auf den in der Masse enthaltenen schwefelsauren Kalk, der dadurch in Schwefelkalzium verwandelt wird. Bei Berührung mit der Kohlensäure der Luft wird dieses von neuem, unter Bildung von Schwefelwasserstoff zersetzt und bildet sich dabei nach Salvétat eine schleimige Materie (Glairin), wodurch die gefaulte Masse plastischer werde.

Brongniart schreibt das Schwarzwerden der durch Zersetzung der organischen Teile in Wasser sich ausscheidenden Kohle zu. Derselbe verwahrte frische Masse zwei Jahre lang unter Wasser bei Abschluß der Luft und fand, daß sie dadurch nicht verändert wurde. Als er dagegen zwei Teile frische Masse mit einen Teil der sogen. Späne, welche beim Abdrehen abfallen, vermischte, erhielt er eine Masse, welche dieselben Eigenschaften, wie die gefaulte hatte. Durch den Zusatz der Späne, also eines Materials, welches vielfach durch die Hände des Arbeiters gegangen, war eine künstliche Faulung erreicht worden. Daraus glaubt Brongniart schließen zu können, daß der wesentliche Einfluß des Faulens auf einer durch die Zersetzung der organischen Substanz bewirkten größern gegenseitigen Annäherung und mechanischen Verteilung der kleinsten Teile der Masse beruhe. v. Sommaruga bestätigt die von Salvétat beobachtete Zersetzungsweise. Nach Mène[1]) findet beim Faulen des Tones keine Zersetzung organischer Stoffe statt, sondern es wird noch Wasser von einzelnen Teilen der Tonmasse aufgenommen, wodurch sie plastischer werde. Nach Kosmann wirkt hier eine Hydratisierung mit. Je nach den Umständen üben unzweifelhaft auch Oxydationsprozesse eine chemische Veränderung der oxydationsfähigen Tonbeimengungen aus, wie z. B. der Schwefelkies durch den Sauerstoff der Luft.

Dem Forscher eröffnet sich hier ein reiches Feld für wissenschaftliche Feststellung und ist dabei die Frage aufgeworfen worden, ob die Wirkung des Faulens nicht auf einem die kleinsten Teile lockernden Durchsetzen mit Mikroorganismen[2]) beruht, welche eine Rolle mitspielen.

Das Schlämmen. — Allgemeines. Diese bekannte Verfeinerungs- und Abscheidungsmethode gibt ein Sonderungs- und Reinigungsmittel für die Tonbestandteile ab, und bewirkt in der Regel eine Aufbesserung der Tone. Für bestimmte Zwecke und am rechten Ort angewendet, leistet das Schlämmen vortreffliche Dienste.

Das Schlämmen ist, wenn es auch nicht viel Kraft und keine kostbaren Einrichtungen, aber um so mehr Raum, namentlich für die erforderlichen Bassins und Gräben, verlangt, eine umständliche und von mancherlei Bedingungen abhängige Operation, doch bildet dasselbe das rationellste, erfolgreichste und nicht sehr teure Verfahren, um fremde Beimengungen von verschiedenem spezifischen Gewicht, wie von verschiedenem Volumen und von anderer Struktur aus einem Tone abzuscheiden. Durch keine andere Einrichtung ist die bezeichnete Ausscheidung vollständiger zu erreichen. Ein weiterer Zweck, der in der Regel mit dem Schlämmen verbunden wird, ist das auf diesem Wege beabsichtigte Homogenisieren des Tones oder mehrerer

---

1) Polytechnisches Centralbl. 1863, S. 1243.
2) M. s. w. Tonind.-Ztg. 1903, No. 48.



Tone mit einander. Ein solches Ziel ist aber nur ein partielles und von bestimmten Bedingungen abhängiges. Alle feinsten und eigentlichen Tonteilchen lassen sich durch Schlämmen zusammenführen und zu einer gleichförmigen, zartesten Masse vereinigen. Der Vorgang dabei ist aber gerade das Gegenteil des Homogenisierens; gegenüber dem innigsten Durchmischen der Teile mit dem Ganzen findet vielmehr ein Separieren statt, an Stelle des Durcheinander oder des gleichmäßigen Verteiltseins wird ein Auseinander erhalten. Daher kommt es denn auch, daß es Fälle gibt, wo natürliche, feinsandige Tone, die im rohen Zustande bereits homogen erscheinen, eben durch das Schlämmen unhomogener werden, indem sich dadurch Ton und Sand entweder lagen- oder schichtweise absondern und so eine deutlich verschiedenartige Masse erhalten wird, welche nicht oder nur mit der äußersten Mühe wieder in den früheren homogenen Zustand zurückzubringen ist.

Das Wesen des Schlämmens besteht in der Isolierung des Gleichartigen nach dessen hydraulischem Werte und man erlangt dadurch nicht eine Masse, sondern gruppenweise verschiedene Massen von der, hinsichtlich des spezifischen Gewichtes, unter sich gleichförmigsten Art. Befinden sich darunter Teile mit verschiedenen physikalischen Eigenschaften, so kann man diese auf andere Weise absondern, wie z. B. spezifisch schwere Körper (etwa Schwefelkies) sich durch Schleudern isolieren lassen.

Ferner werden die in einer Flüssigkeit schwebenden kolloidalen Körper wie der Ton bekanntlich durch Salze und besonders Kalksalze (auch anderseits Säuren) rascher zum Absatz gebracht. Es wirkt dabei die wasseranziehende Eigenschaft der Salze unter folgenden Erscheinungen: Die Tonteilchen geraten nach deren Zusatz in Bewegung, sie verändern ihre Oberflächen, ziehen sich an und bilden größere Flocken, welche alsbald zu Boden fallen, während die darüber stehende Flüssigkeit klar ist. Dem Ton wird so das Wasser entzogen, wodurch sein kolloidaler Zustand bedingt war. Tonind.-Ztg. 1899, Nr. 79.

Beim Schlämmen ist nicht bloß der Zweck jedes Mal genau ins Auge zu fassen, sondern selbst bei dem erreichten Zweck ist stetig darauf zu achten, daß er nicht durch nachfolgende unrichtige Behandlung verloren gehe. Dazu kommt, daß die zu schlämmenden Tone ja sehr verschieden sind und je nach ihrer Beschaffenheit andere, modifizierte Einrichtungen erfordern, weshalb auch von einer Universalschlämmmaschine nicht die Rede sein kann. So verlangen namentlich magere oder fette Tone eine verschiedenartige Behandlung.

Wie weit man das Schlämmen ausdehnt, muß sich immer nach der Beschaffenheit der zu schlämmenden Masse und nach den Anforderungen, die an das zu erzielende Produkt zu stellen sind, richten. In den Fällen, wo es sich um die Abscheidung gröberer mechanischer Beimengungen, wie z. B. von Steinen oder sehr grobem Sande, handelt, ist ein einmaliges Anrühren mit Wasser genügend; in dem nicht zu konsistenten Schlamme setzen sich diese Bestandteile fast augenblicklich zu Boden und können durch einfaches Abgießen oder Abspritzen getrennt werden. Kommt dabei die Flüssigkeit bald zur Ruhe, so bezeichnet man den Vorgang als Sedimentation, bleibt sie aber in Bewegung, so ist dies der eigentliche Schlämmprozeß.

Bei Darstellung sehr feiner Massen ist immer ein eigentliches Schlämmen vorzunehmen, und sind dabei manchmal mehrere Schlämmungen erforderlich, wobei der Schlamm mit mehr Wasser verdünnt werden muß. In dem ersten

Gefäß setzen sich dann die gröbsten Stoffe ab, im zweiten und dritten sammelt sich feinerer Sand usw., im letzten wird der Ton abgelagert, der dann allerdings oft einen hohen Grad der Reinheit erlangt. Sehr gut und leicht ausführbar ist die Abscheidung des Sandes, wenigstens der gröberen Teile desselben, wenn man den Schlamm durch eine lange hin- und herlaufende Rinne mit möglichst wenig Gefälle leitet. Bei der langsamen Bewegung der Flüssigkeit finden die gröbern, schweren Teile Zeit, sich gleich anfangs am oberen Ende der Rinne abzulagern; in dem Maße, wie dann die Flüssigkeit weiter fließt, setzt sich auch der größte Teil des feinen Sandes ab. Beim Schlämmen des Kaolins, was hier kurz angeführt werden mag, wird folgendes Verfahren für das rationellste gehalten. Man bringt am günstigsten den durch Tagebau gewonnenen Kaolin und zwar im Sommer nach Entfernung des Abraums mittels Etagen- und im Winter Pfeilerabbau mit nachfolgenden Zusammenbruch im Frühjahr in 2 bis 3 m große feststehende Kästen, worin sich ein horizontal bewegliches Röhrenwerk befindet. Von hier fließt die Kaolinmilch in Setzkästen und Setzrinnen, deren Größe und Länge sich nach der physikalischen Beschaffenheit des Rohmaterials oder der größern und geringern Feinheit, namentlich der Sandbeimengungen richtet. Hierauf wird der Kaolin in großen Bassins gesammelt, worin er sich absetzt. Hat sich der Kaolin zu einem dicken Brei versteift, so wird derselbe mittels Membranpumpen in Filterpressen gepreßt und werden die sich darin bildenden Kuchen entweder am billigsten an der Luft in Trockenschuppen oder in einem Pfannenofen getrocknet.

Hinsichtlich der Rentabilität einer Kaolinschlämmerei ist schließlich von großer Bedeutung ob und wie die sich ergebenden Abfallprodukte, welche sind: Grobsand (gewöhnlich fast reiner Quarzsand), ferner der feine in den Kästen abgesetzte Schluffsand sowie der sogen. Schlicker am vorteilhaftesten in möglichst nahe gelegenen Fabriken zu verwenden sind.

Kosten. — Was etwa die Kosten des Schlämmens angeht, so stellen sich dieselben verschieden, je nach der angedeuteten wechselnden Beschaffenheit des Materials, das sich bald leichter oder schwieriger, bald schneller oder langsamer schlämmen läßt. In der Ziegelfabrikation nimmt man nach der Töpfer- und Ziegler-Zeitung 1883, S. 322 im Durchschnitt an, daß sich die Herstellungskosten der Ziegel durch das Schlämmen per Mille um $2^1/_2$ bis 3 Mark erhöhen. Nach spezielleren Angaben in derselben Zeitung 1889, Nr. 47 betragen die Kosten für das Schlämmen selbst für je 1000 Ziegelsteine 0,40 bis 1,20 Mark und ferner für das Trocknen des Schlammes und Ausstechen desselben 0,60 bis 1,30 Mark. Nach Matern, Notizbl. 1884, S. 82 berechnen sich die Kosten bei einem Material, aus dem ca. 40—50 Proz. grober Sand und Gesteinstrümmer abzuscheiden sind, auf ca. 2,50 Mark für 1000 Vollsteine. Dazu kommen noch 93 Pfennige für das Ausstechen des Schlammes zum Trocknen in der Luft.

Bei dem unten angeführten dänischen Schlämmverfahren von Smidth & Co. stellen sich die Kosten incl. des Arbeitslohnes auf 2 Mark per 1000 Steine, welche aber von kleinerem Format sind.

Ausführung. — Das Schlämmen ist stets das Resultat zweier Operationen, nämlich des Aufweichens und des Dekantierens oder Abfließenlassens, wozu denn die Wiedergewinnung des feinen Schlämmgutes kommt. Der Ton wird mit Wasser vollständig zerteilt, aufgerührt und die Tonmilch abgelassen. Das Wasser spielt beim Schlämmen die Hauptrolle, es soll auswaschen, tragen

und sondern. Der Erfolg des Schlämmens hängt mit Ausnahme mancher direkt geeigneter Tone, wie der magern, der Kaoline usw. wesentlich auch von dessen Vorbereitung ab. So wäscht sich, wie erwähnt, ausgewitterter Ton schneller als roher. Wird derselbe ganz trocken zur Schlämmung gegeben, so löst er sich viel leichter auf, als wenn er feuchter war. Gesumpfter Ton, welcher schon mehr Wasser angesogen hat, zergeht rascher wie ein grubenfeuchter. Als erste Wirkung des Wassers gilt demnach die größtmögliche Durchdringung des massenhaft zu bewältigenden Rohtones zur sichern Trennung von dessen Teilen. Warmes Wasser und noch besser heißes, erweicht mehr als kaltes, und kommt dazu ein stark bewegter Wasserstrahl, so ist der Erfolg noch vollständiger. Mit dem Wasser darf hierbei nicht gespart werden; es muß in hinreichender Menge vorhanden sein, doch bewegt sich dessen Bedarf innerhalb bestimmter Grenzen. Läßt sich doch bei einem kontinuirlichen Betrieb, worauf als Bedingung rationeller Behandlung zu sehen ist, das erforderliche Wasserquantum in beständigem Kreislauf erhalten, also wiedergewinnen. Es ist daher nur der durch die Verdunstung wie das Aufsaugen des Tones verursachte Verlust stetig zu ersetzen.

Zum Schlämmen benötigt man Vorrichtungen zum Aufrühren des Tones, Rührwerke[1]), und Schlammbudden oder Schlammbassins (Schlämmgruben), in denen der Absatz erfolgt. Letztere müssen so eingerichtet sein, daß das überschüssige Wasser fortfließen kann. Künstliche Vorrichtungen zum Trocknen des geschlämmten Tones[2]) (Kanalfeuerung, Filterpressen) sind meist zu kostspielig und kommen deshalb in der Regel nur bei edleren Tonen vor, nachdem deren Schlamm mit den feinen Zusätzen vermischt worden, wie später näher beschrieben werden soll. Zu den genannten Hauptteilen gesellen sich noch zur Absonderung gröberer Unreinigkeiten Siebe, ferner Pumpen, Wasserleitungen, Göpelwerke, Wasserräder und Dampfmaschinen.

A. Schlämmapparate. Je nach der Größe der Fabriken, nach den zu Gebote stehenden Wassermengen, nach der Beschaffenheit des Tones usw. kommen hauptsächlich nachfolgende Konstruktionen vor.

α) Schlämmen mit Handbetrieb,
β) Hydraulische Schlämmvorrichtungen,
γ) Schlämmen für größern Betrieb,
  a) Rotierende Maschinen,
    δ) Vertikal rotierende,
    ε) Horizontal rotierende,
  b) Schaukelnde Maschinen.

B. Schlämmgruben, Schlämmkästen, Schlämmbassins[3]), Klärbassins. In denselben soll sich die abgeschlämmte Tontrübe klären. Dieselben werden entweder aus Holz oder Mauerwerk hergestellt, oder bestehen aus in die Erde eingegrabenen Gruben ohne jegliche Umkleidung, damit das überflüssige

1) Sehr fette Tone dürfen nicht in dickeren groben Stücken in das Rührwerk gegeben werden und sind bei diesem rostende Teile möglichst zu vermeiden.
2) Der Tonschlamm steht, namentlich in ungünstigen Sommern, oft Monate lang in den Schlämmgruben, ohne daß er den hinreichenden Grad von Trockenheit und die Fähigkeit, verarbeitet zu werden, erlangt. Beiläufig bemerkt, bedient sich zur Befreiung des Tonschlammes vom Wasser O. Schaller des Sandes als Filtriermasse. Tonind.-Ztg. 1897, No. 46.
3) Notizbl. 4, 67, 136.

Wasser in die Erde einziehen kann. Befinden sich Gruben dieser Art auf einem Tonlager, so zieht das Wasser zu langsam ab. In solchem Falle bringt man nach Delbrück am zweckmäßigsten 156 bis 235 mm hoch scharfen Sand auf die Sohle des Bassins und legt in den Sand Stränge von Drainröhren oder hohle Mauersteine in einer Entfernung von 1,88 m. Der eine oder andere Strang mündet in einen Kanal, welcher Abfluß hat. Bei Tonen namentlich fettern, dürfte dieses Mittel wenig helfen. Sobald sich einmal auf dem Sande eine wenn auch nur dünne Tonschicht abgelagert hat, bildet diese einen undurchlässigen Abschluß.

Mit größerm Erfolg wird das Erdreich unter den Bassins und in deren Umgebung drainiert, indem man in größerer Tiefe unter der Sohle genügend weite (von 6 cm Lichtweite) Drainröhren in geneigter Lage anbringt, welche das Wasser ableiten. In bezug auf die Abklärung in den Bassins hat die Erfahrung ergeben, daß sich diese am einfachsten und besten vollzieht, je größer die Bassins sind.

Nach Fr. Hoffmann ist es hinsichtlich einer schnellen Trocknung geschlämmten Tones Haupterfordernis, den Schlamm so schnell wie möglich aus der Grube zu schaffen, da der trocknenden Luft hier zu wenig Angriffsfläche geboten wird. Zu diesem Zwecke empfiehlt es sich, dem Schlamme trockenes Tonpulver beizumengen und zwar in solcher Menge, daß der Tonschlamm krümelig wird und sich in einzelnen Stücken aus der Schlämmgrube schaffen läßt. In diesem Zustande vollzieht sich die weitere Trocknung in der Luft schnell. Erheischt es die Fabrikation, daß einem Tone ein Zusatz von Schamotte oder Sand gegeben wird, so ist dies am rationellsten schon im Schlämmbassin zu tun und zwar dann, wenn sich kein Wasser auf dem Ton mehr absetzt. Die entsprechend fein durchgesiebten Zusatzmaterialien werden dann gemessen, die bestimmte Menge in das Bassin hineingeworfen, und das Ganze mit einer Krücke bis zur gleichmäßigen Mischung gehörig durchgerührt. Diese Mischung erfordert einen ungleich geringern Aufwand an Zeit und Arbeitskraft, als wenn sie erst später im Tonschneider bewerkstelligt wird.

Zum Schlusse mögen noch einige neuere und in jüngster Zeit bekannt gewordene patentierte Schlämmeinrichtungen angeführt werden. Besonders zu erwähnen ist ein patentierter Schlämmapparat von Schiffer und Kircher in Grünstadt in der Rheinpfalz und ein solcher (auch patentierter) von Smidth und Co. in Kopenhagen. Der rationell eingerichtete Apparat von Schiffer und Kircher, welcher sich durch Einfachheit und Vielseitigkeit in seiner Anwendung auszeichnet, besteht aus einem in horizontaler Trommel liegenden Rührwerke, worauf ein nach oben erweiterter Trichter aufgesetzt ist. Das zu reinigende kaolinhaltige Material wird in den Trichter eingeworfen und gelangt alsdann in das Rührwerk, in welchem es unter steter Wasserzuführung zerteilt wird. Der unter Druck befindliche Wasserstrom treibt die feinsten Teilchen nach oben, wo sie mit dem Wasser überlaufen und in Absatzbassins aufgefangen werden. Der Sand verbleibt in dem Rührwerk, bis er von allen Tonteilchen befreit ist und wird alsdann, um ihn etwa weiterhin in verschiedene Korngrößen zu sortieren, abgelassen. Man sehe weiter die Hauptprinzipien für die Konstruktion einer rationellen und leistungsfähigen Schlämmanlage. (Hotop, Vortrag, Ziegel. u. Zem. 1893, Nr. 7—10).

Der in der Fabrik in Kopenhagen angewendete Smidth'sche Schlämmapparat besteht aus einem großen ringförmig gemauerten Kanale, in welchem

für diesen Zweck besonders konstruierte Eggen mit Hilfe eines Pferdes bewegt werden. Der Kanal hat einen sehr bedeutenden Rauminhalt. Das charakteristische der Einrichtung besteht in einer größern Vertiefung desselben und einem Aufhängen der (beweglichen) Rührgatter mittels Ketten. Hierdurch wird es ermöglicht den Widerstand, den Steine oder sonstige grobe Verunreinigungen bieten, unschädlich zu machen, indem man das Rührgatter allmählich um so viel in die Höhe zieht, als sich der Boden mit Steinen bedeckt. Gerühmt wird bei dem Verfahren sehr große Produktionsfähigkeit, ununterbrochene Wirksamkeit (bis zu 14 Tagen) neben wenig Anlage- und Reparaturkosten wie leichter Bedienung (cf. Tonind.-Ztg. 1886 Nr. 11 u. 48).

In betreff patentierter verschiedener Neuerungen von Schlämmmaschinen möge verwiesen werden auf den Sprechsaal 1883, Nr. 38, Beil. a. 1886, Nr. 44, wie die Töpf.- u. Ziegl.-Ztg. 1885, Nr. 43, 1887, Nr. 45 u. 1893, Nr. 4. Besonders anzuführen ist hier eine patentierte Harken-Schlämmmaschine, worin nach der Tonind.-Ztg. 1896, Nr. 12 die in dem Schlämmobjekt enthaltenen schädlichen Beimengungen durch die Maschine selbsttätig ausgehoben und in Lowrys geworfen werden. Das Rohmaterial kann in Massen von $^1/_2$, 1 auch 2 cbm mittels Lowrys auf einmal eingekippt werden, ohne daß der Gang der Maschine dadurch erschüttert wird. Die patentierten Harken, die mit einer außerordentlich großen Geschwindigkeit arbeiten, zerschlagen das Material sofort beim Einwerfen in kleinste Teile und bringen dieselben schnell zur Abscheidung. Hierauf werden die Tonstückchen vermöge der eigenartigen Konstruktion der Harken in zickzackförmiger Bewegung in Form einer Spirale nach der Mitte befördert. Durch den hierdurch erzielten langen Weg erreichen noch etwa vorhandene Tonknötchen den Mittelpunkt nicht, sondern lösen sich in Schlamm auf, während die Steine, Sand usw. rein ausgewaschen sich rings um den Sockel der Schlämmmaschine ablagern, von wo sie durch ein Becherwerk entfernt werden. Der Schlamm wird mittels der Zentrifugalkraft der Maschine durch ein feines Sieb geschleudert und läuft von da aus in eine Zentrifugalpumpe, welche den Schlamm in gleichmäßiger Verteilung nach den Absatzgräben schafft. Speziell über Kaolinschlämmerei findet sich eine bemerkenswerte Beschreibung im Sprechsaal 1896, Nr. 28 und ein das wesentliche zusammenfassender Auszug in der Toniud.-Ztg. 1896, Nr. 30. Schließlich sei hier noch verwiesen auf eine in der Praxis bewährte und als Musterschlämmanlage zubezeichnende Schlämmmaschine. Tonind.-Ztg. 1897, Nr. 102. — Was noch kleinere (Handschlämmen) oder höchst einfache Schlämmeinrichtungen angeht, so finden sich diese beschrieben in der Töpfer- u. Ziegl.-Ztg. 1890, Nr. 49. Eine J. Lüdicke pat. Vorrichtung zum stetigen Entfernen der Schlämmrückstände s. m. Leipziger Töpfer-Ztg. 1894, Nr. 27.

Anreihen möge sich hier das gegenüber der hergebrachten Naßschlämmerei als Luftschlämmung bezeichnete Verfahren. Diese Aufgabe, die schon früher z. B. in Zinkweißfabriken versucht worden ist, hat man in den letzten Jahren in maschineller Beziehung recht zufriedenstellend in England gelöst mittels der sogenannten Windseparatoren. Bewegte Luft dient darin zur Trennung trockner pulverförmiger oder feinstgemahlener Körper nach dem spezifischen Gewicht oder nach der Korngröße. Ein feines und feinstes Mehl wird auf diese Weise erhalten mit Hilfe eines durch einen Aspirator bewirkten saugenden Luftstroms. Die Gewinnung von Produkten von nuerreichter Feinheit, wie es durch Siebe mittels der feinsten Seidengaze nicht möglich ist, wird dabei ganz besonders hervorgehoben. Hierzu soll

kommen, daß die Sonderung höchst sicher und gleichförmig vor sich geht, während die Fabrikräume staubfrei bleiben und zugleich bei bedeutend großer Leistung die Abnutzung und der Kraftverbrauch gering sind. Der Apparat besteht zunächst aus der Antriebsvorrichtung, dann einem obern zylindrischen Blechgehäuse, einem anschließenden äußern Blechkegel und einem mit Spielraum konzentrisch angeordneten innern Blechkegel.

Unter der Decke des zylindrischen Gehäuses ist ein Ventilator, angetrieben durch eine vertikale Welle, angeordnet. Auf derselben Welle, unter dem Ventilator, befindet sich ein Streuteller, der das zugeführte Rohmehl von 6 bis 13 mm Korngröße an seinem Umfange umher wirft. Ein unter dem Ventilator angebrachtes System von Ringen, Scheiben und Kegeln, wechselnd in der Anordnung je nach der beabsichtigten Feinheit des fertigen Mehles, veranlaßt die durch den Ventilator angesaugte Luft, durch das von dem Streuteller ausgeworfene Material senkrecht hindurch zu treten. Der Luftstrom führt dem Ventilator die feinen Mehlteilchen zu, der Ventilator wirft das Gemisch von Mehl und Luft an die Wand des zylindrischen Gehäuses, das Mehl sinkt im äußern Kegel nieder und die gereinigte Luft tritt wieder unter den Streuteller, der mit einem Schleier versehen ist. Der Weg des Luftstroms beträgt hierbei vom Streuteller, durch das Gehäuse und zurück zum Streuteller, bei den größten Apparaten kaum einen Meter. Alle gröberen den aufsteigenden Luftstrom durchfallenden Materialteile sammeln sich in dem inneren Kegel an und gelangen durch Rohre wieder zurück nach den Mahlmaschinen. Das fertige Mehl kann am Auslauf des äußeren Kegels direkt in Säcke abgefüllt werden. Da die Ausläufe in geeigneter Weise so geschlossen sind, daß sie nur dem mit etwas Luft gemischten Gries und Mehl den Austritt gestatten, so vermag der Apparat kontinuierlich mit demselben Luftquantum zu arbeiten; ein Austritt staubhaltiger Luft ist bei der sonst vollständigen Abdichtung des Apparates ausgeschlossen.

Die Abbildung des Apparates in drei Figuren findet sich in den Töpf.- u. Ziegl.-Ztg. 1890, Nr. 2.

Nach der Tonind.-Ztg. 1883, Nr. 25 hat sich bei der Schlämmung in der Luft überhaupt, wie den Feinsubstanzoperationen insbesondere, sowohl mit Kaolin, als mit plastischen Tonen und Gemengen daraus, für Fabrikation feiner Gefäße, Platten, Terrakotten usw. folgendes ergeben, was dieses Schlämmverfahren in der keramischen Industrie ganz besonders der Beachtung wert erscheinen läßt. Die Vorteile der Trockenschlämmung bezüglich rascher, exakter und billiger Arbeit erwiesen sich fast überall augenfällig und sind da nur wenige Materialien auszuschließen. Es kommt allein auf die allmähliche Richtigstellung der bezüglichen Teile des Apparates an hinsichtlich der erforderlichen fortschreitenden Verlangsamung des von der Schleudermühle ausgeworfenen, durch Lutten nach den Staubkammern geführten Luftstromes, als Träger der darin schwimmenden Staubteile, sowie ferner auf die Feststellung der Einrichtung, der Dimensionen und der innern Anordnung dieser für die Fraktionierung bestimmten Kammern. Abhängig sind diese Verhältnisse von den Verschiedenheiten der Struktur des zu zerkleinernden Materials und der Menge des auch bei Scharftrocknung gebunden bleibenden Wassers. Diese Faktoren sind für jeden Stoff verschieden hinsichtlich der Zertrümmerung zwischen den Schlagstäben des Disintegrators, wie auch der Weiterführung und Fraktionierung des Gewonnenen. Für diejenigen Fälle, in denen nicht die Größe der quantitativen Leistung, sondern die höchste Feinheit

des Separationsgutes vorgeschrieben ist, erscheint es gut, den in der Müllerei eingeführten Getreidemehlsortierapparaten im Prinzip zu folgen, welche mit Hilfe des bezeichneten Aspirators die zarteren Sorten Mehls einer möglichst hochgetriebenen Sortierung unterziehen[1]).

Das Auswintern (wohin auch das Auswittern gehört), das Einsumpfen, wozu das Faulen (Einkellern), und wenigstens zum teil das Schlämmen zu rechnen, lassen sich als eine Homogenisierung auf nassem Wege bezeichnen und davon nach Zwick, Natur der Ziegeltone, die nachfolgenden Homogenisierungsmaschinen auf trocknem Wege unterscheiden.

Zerkleinerung des Tones mittels Maschinen.

Ohne einen Anspruch auf Vollständigkeit zu erheben, sollen hier nur die bekanntesten Zerkleinerungsmaschinen eingehender und die weniger benutzten mit kurzen Bemerkungen angeführt werden. Im allgemeinen besteht jedes Zerkleinerungswerk aus dem Triebwerk und einem System von verschiedenen Zerkleinerungswerkzeugen, welche letztere unter einander durch Elevatoren in Verbindung stehen. So ist es in den meisten Fabriken feuerfester Produkte üblich, daß mittels der Steinbrecher das Material zerkleinert wird, dann besorgen Elevatoren das gebrochene unter den Kollergang oder auf Walzen, das gröbere und feinere auf einen Mahlgang, bis endlich das gesiebte Pulver unmittelbar in den Tonschneider wandert. Walzwerk und Tonschneider unterstützen und ergänzen sich dabei als Zubereitungsmaschinen auf das Unmittelbarste. Ferner ist nicht zu übersehen die unter andern renommierten Fabriken in mehrfacher Hinsicht hervorragende Fabrik von Zerkleinerungsmaschinen jeglicher Art von Th. Groke in Merseburg. Die Anwendung der Walzwerke ist in neuerer Zeit nach und nach immer mehr beschränkt worden, weil sie ein starkes Geräusch und starke Erschütterungen verursachen, gewaltig stauben, das zerkleinerte Material umherstreuen und das Arbeiten damit zu einer unerträglichen und nicht wenig gefährlichen Aufgabe machen, häufiger Reparaturen bedürfen, wie eine starke Abnutzung der Stempelschuhe erleiden, dabei nur wenig fördern und nur eine mäßige und ungleiche Feinheit zulassen, welche die Anwendung mehrerer Siebe verlangt. Dazu ist noch bei Benutzung verschiedener Materialien eine jedesmalige minutiöse Reinigung erforderlich, die bei irgend welcher naheliegender Nachlässigkeit des Arbeiters nachhaltige Folgen nicht ausschließt.

Rostpochwerke. — Teilweise zweckmäßiger sind die mit durchbrochener Sohle versehenen Pochwerke. Bei zu zerkleinernden harten Materialien stellt man die Sohle am besten aus Stahl her. Das durch den Rost Hindurchfallende wird durch eine unter demselben befindliche Schnecke hervorgeholt, um dann dem Mahlgang übergeben zu werden.

Die Kollerwerke. — Die Kollergänge bestehen bekanntlich aus einem Bodenteller, auf welchem ein oder mehrere schwere Läufer so gelagert sind, daß sie mit ihrem Gewicht auf den Bodenteller wirken und die zwischen Kollersteine und den Teller gelangenden Materialien zerquetschen.

Der Bodenteller ist hierbei entweder feststehend oder beweglich. Die Kollersteine haben für das Pulverisieren des Tones, der jedoch halbtrocken

1) Ein Windseparator nach dem Patent Museford, bei dem die Überlegenheit gegenüber älteren Verfahren hervorgehoben wird, findet sich beschrieben Tonind.-Ztg. 1897, No. 107.

sein muß und nicht ankleben darf, den Vorzug, daß sie sowohl zum Zerkleinern, und vorherrschend in mehlartiger Form, wie zum Kneten brauchbar sind. Andererseits bedürfen sie einen ziemlich großen Raum zu ihrer Aufstellung, ferner sind die Anschaffungskosten nicht gering und im Verhältnis dazu ist die Leistungsfähigkeit (siehe weiter unten) quantitativ eine beschränkte, die durch längere Unterbrechungen beim Entleeren und Füllen, abgesehen von dem dadurch herbeigeführten Kraftverlust des inzwischen leergehenden Motors, noch verringert wird.

Das Kollerwerk, sofern es, wenn auch selten, ganz aus Stein [1]) hergestellt ist, schließt eine Verunreinigung durch Eisen aus, doch nutzt sich der Stein auch ab, was bei feuerfesten Fabrikaten zu bedenken ist. Die Mühlsteine drehen sich um eine Achse, welche, durch eine senkrechte Welle gehend, durch letztere um sich selbst bewegt wird und dieselben auf der mit einem eisernen Rande versehenen Fläche zum Umlauf nötigt. Jeder Läufer verfolgt auf der Platte seinen eigenen Weg, während beide miteinander vereinigt, die ganze Oberfläche der Unterlage einnehmend, zwei konzentrische Kreise bilden. Den Steinen folgen an der vertikalen Welle zweckmäßig befestigte eiserne Spatel, die so angebracht sind, daß sie die zu mahlende Masse fortwährend in den Weg der Steine schieben; eine befestigte Schaufel drückt gegen den Umfang der Läufer, um die etwa daran hängen bleibenden Tonteilchen abzustreichen. Die beiden Mühlsteinen gemeinschaftliche Achse geht quer durch ein längliches, in der aufrechtstehenden Welle angebrachtes Loch, wodurch es den Steinen möglich gemacht ist, sich zu heben, wenn sie auf ihrem Wege harten Körpern begegnen, die dem Druck ihres Gewichts Widerstand leisten.

Bei einem solchen Kollergang wird das Maximum des Nutzeffektes, das an eine gewisse, nicht zu schnelle und nicht zu langsame Tourenzahl gebunden ist, sehr beeinträchtigt durch den Umstand, daß das beim Zerquetschen entstehende Pulver Stückchen einhüllend, diese vor dem weitern Zerkleinern schützt.

Dem bez. Nachteil zu begegnen ist daher bei diesen Vertikalmühlen immer durch verschiedene Abänderungen und Vorrichtungen versucht worden [2]).

Kollermühlen neuer Konstruktion, von der Maschinenbau-Aktiengesellschaft Humboldt in Kalk bei Deutz haben nachstehende Einrichtung. Dieselben (Fig. 14) sind freistehend, das zu zerkleinernde Material wird durch einen Trichter in der Mitte der beiden Läufer aufgegeben, in welchen man mittelst eines Becherwerkes das Material heben und einfallen läßt. Dasselbe Becherwerk gibt die zu groben Stücke, welche eine unter der Mühle angebrachte Siebtrommel auswirft, auf die Mühle zurück. Das zu mahlende Material wird durch ein eigenes Scheer- und Rechwerk fortwährend vom Zentrum nach der Peripherie der Bodenplatte gebracht, von wo es in gewissen Portionen in die Siebtrommel und die Gröbe aus letzterer ins Becherwerk gelangt, so daß ein kontinuierlicher Gang stattfindet. Diese Kollergänge leisten nahezu das

---

1) In der Königl. Berliner Porzellanmanufaktur bestehen zum Zermahlen des Feldspats sowohl die Läufer, als die Bodenplatte des Kollerganges aus Granit.

2) Unter anderem bewirkt dies Merkelbach durch ein hinzugefügtes Siebwerk und kombiniert damit noch einen vorbereitenden Zerkleinerungsapparat. (Dinglers Journ. 177, S. 346.) Bei den englischen Kollergängen hat man deshalb den Boden durchlöchert, wodurch das Feine stets entfernt wird.

Doppelte im Vergleich mit den älteren Systemen und sind in 6 verschiedenen Größen vorhanden.

Auch bei den Quetschmühlen, welche z. B. in Sèvres und anderen Tonwarenfabriken in Anwendung sind, bewegt sich der Bodenstein in horizontaler Richtung um seine Achse unter den Läufern und dreht diese um sich selbst, ohne daß sie eine fortschreitende Bewegung haben, im Gegensatz zu der frühern Konstruktion, bei welcher der Sohlstein fest und die Läufer beweglich waren. A (Fig. 15) ist die vertikal stehende eiserne Welle, die unten in dem Lager C ruht und oben durch das Zahnrad D und ein Trieb mit einer Dampfmaschine oder einem Wasserrad in Verbindung steht. An ihrem unteren Teile ist der

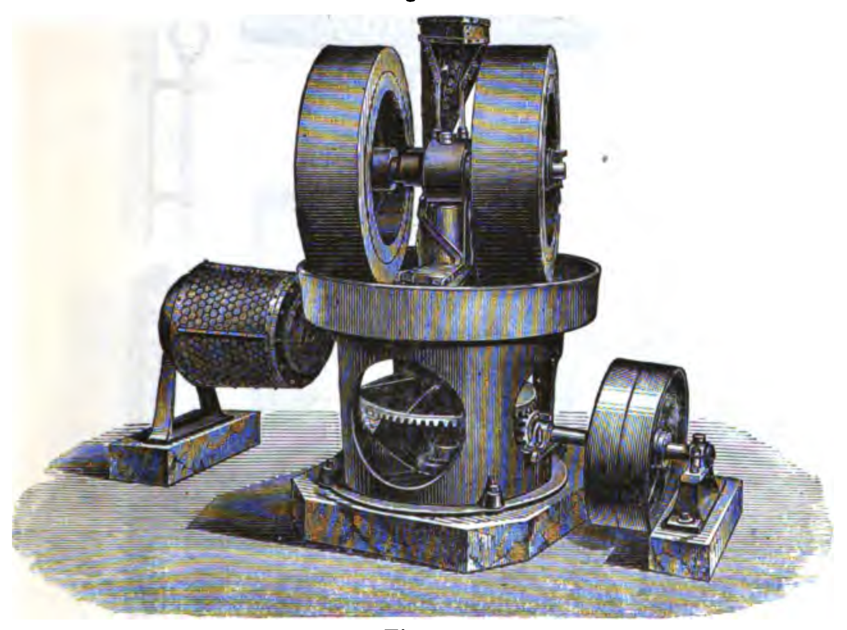


Fig. 14.

Bodenstein M dauerhaft befestigt. Auf dem Bodenstein ruhen die beiden Läufer R mit ihrem ganzen Gewichte und diese werden durch die ihnen durch die Rotation des Bodensteins mitgeteilte Reibung in Umdrehung versetzt. Beide Läufer sind durch eine gemeinschaftliche starke eiserne Achse B, auf welche sie lose aufgezogen sind, so daß sie sich um dieselbe drehen können, verbunden, und diese wird an ihren Enden von zwei auf- und abwärts beweglichen Lagern T gehalten. Die Achse B hat in der Mitte eine ringförmige Erweiterung B′, durch welche die Welle A frei passiert. Die Lager T sind in Fig. 15 (T) in der Seitenansicht gegeben, welche den Mechanismus genauer zeigen wird. Sie bestehen aus den eigentlichen ringförmigen, aus zwei Teilen zusammengeschraubten Lagern, an derem unteren Ende eine lange Stange q befestigt ist, die frei in den beiden Ringen o o geleitet. Diese Beweglichkeit der Lager ist unbedingt erforderlich, damit die Läufer wie oben gesagt, freien Spielraum haben, so daß sie sich heben, sobald sie einen größeren Stein treffen, den sie durch ihr bloßes Gewicht nicht auf einmal zu zerdrücken im stande sind. Könnten sie

diese aufwärts gehende Bewegung nicht machen, so würde in einem solchen Falle der Widerstand so groß werden, daß der ganze Mechanismus zertrümmert würde oder doch größere Beschädigungen eintreten könnten.

Den Bodenstein und die Läufer dieser Mühle fertigt man entweder aus Gußeisen oder aus hartem Sandstein an. Das erstere wird man immer wählen, wenn es sich um die Zerkleinerung von Substanzen handelt, die zu einer nicht absolut farblosen Masse verwendet werden sollen. Zur Zerkleinerung des Feldspats und der übrigen Bestandteile der rein weißen Porzellanmasse kann man aber nur Sandstein anwenden, weil von dem Eisen sich so viel abreiben würde,

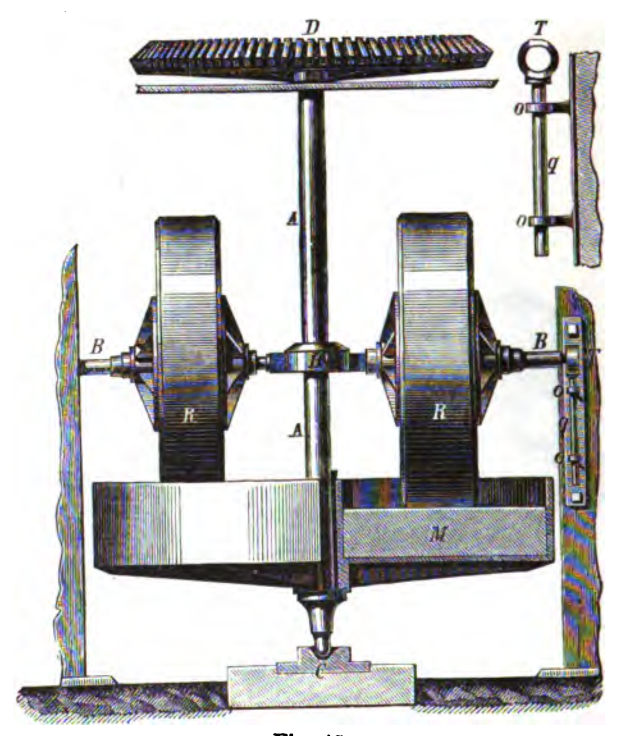
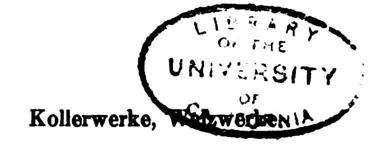


Fig. 15.

daß dieses die Masse gelb färben könnte. Der Bodenstein wird dann äußerlich mit einem starken eisernen Ring umgeben und ruht auf eisernen Rippen, die sich in der Mitte zu einem Ringe vereinigen, durch welchen die Welle passiert. Ebenso sind die steinernen Läufer auf eisernen Rändern befesfigt, durch die die Achse B geht.

Die Steine sind meistens nach ein oder zwei Umgängen der Mühle hinreichend zerquetscht. Das Pulver wirft man auf ein Sieb, welches am zweckmäßigsten eine konische Form hat und so gestellt ist, daß die gröberen, nicht durch die Maschen des Siebes fallenden Steine sofort von selbst wieder auf die Mühle zurück gelangen und noch einmal der drückenden und zugleich reibenden Wirkung der Läufer ausgesetzt werden.

Nach Teirich bieten die neueren Kollergänge mit stabilen Walzen und



rotierender Tischplatte den Vorteil leichtern Antriebes und größerer Bequemlichkeit der Manipulation. Der Kraftaufwand beim Antriebe ist ein geringerer, die Zentrifugalkraft der rotierenden Steine ist aufgehoben und hindert nicht mehr dem Apparat eine größere Geschwindigkeit als bei den alten Konstruktionen zu geben, daher auch die Leistungsfähigkeit der neueren eine viel größere wurde. (Dinglers Journal 214, 17.) Nach der Töpfer-Zeitung haben sich die Kollergänge mit fester Bodenplatte besser bewährt, als die mit beweglicher. (Töpfer- u. Ziegler-Ztg. 1883, Nr. 10.

Kollergang von Jannot. Zur sofortigen Entfernung des bereits zerdrückten, wie fortwährenden Beförderung des zu zerdrückenden Materials unter die Läufer, sind an dem Kollergang in eigentümlicher Weise Scharrwerke und die Verbindung derselben mit einem zentralen konischen Schüttelbetrieb angebracht. Während das eine Scharrwerk, ähnlich den deutschen Konstruktionen, unter den Läufer schafft, besteht das zweite aus einem massiven, aber nur achtgliedrigen Becherwerk, welches während des Umganges kontinuierlich das

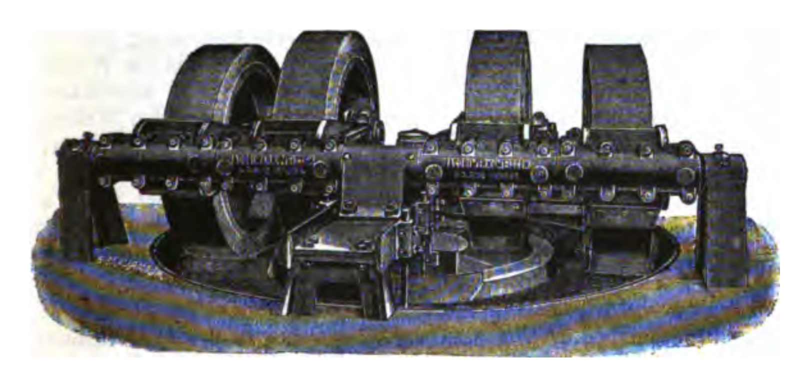


Fig. 16.

Zerdrückte aufscharrt und auf das in der Mitte des Kollerganges um die Königswelle herumplazierte konische Rüttelsieb wirft. Das Grobe fällt so wieder direkt unter die Läufer, während das Feine unter dem Teller des Kollerganges durch eine gewöhnliche Transportiervorrichtung weiter befördert wird. Hervorzuheben ist hier der sehr fein mahlende dreifache Mischkollergang von Bühler in Uzwyl (Schweiz) und der Vierläufer-Naßkollergang „Herkules" vom Jakobiwerk Meißen wegen seiner außerordentlichen Leistung (Fig. 16).

Die Walzwerke, die auch Homogenisierungsmaschinen sind und welche besonders bei sehr harten Massen ein mehr klares Korn ohne viel Mehl geben[1]), bestehen der Hauptsache nach aus einem oder zwei Paar in gleicher Ebene neben resp. untereinander liegender am besten hartgußeiserner Zylinder, deren einer mittelst Riemscheibe in Bewegung gesetzt, diese durch Zahnräder auf die zweite Walze und bei Doppelwalzwerken auf das zweite Walzenpaar überträgt. Von Bedeutung für die Leistungsfähigkeit, welche in bezug auf Massenproduktion bei den Walzwerken eine größere ist, als bei den Kollergängen, ist, wie leicht erklärlich, die Drehungsgeschwindigkeit, sowie auch der Durchmesser der Walzen, denn je kleiner dieser ist, desto enger wird der Ein-

1) Ein Material, welches „schmiert", läßt sich mit Walzen nicht bearbeiten.

fallraum für den Ton zwischen den beiden Walzen und desto schlechter ziehen die Walzen den Ton ein, so daß größere Tonstücke, namentlich wenn sie schlüpferig sind, oft dann erst von den Walzen erfaßt werden, wenn sie mittelst Stangen zwischen dieselben geschoben werden. Kleine Walzen setzen demnach voraus, daß der Ton in kleinen Stücken gefördert, oder daß größere erst zerschlagen werden. Jenes ist nicht immer der Fall und dieses verursacht Kosten; man sollte deshalb Walzen unter 45 cm Durchmesser überhaupt nicht anwenden und hierüber noch hinausgehen.

Was die Drehungsgeschwindigkeit der Walzen anlangt, welche glatt, gerieft, kanneliert oder gestachelt sein können, so soll dieselbe eine möglichst große aber keine gleichmäßige sein, da bei gleicher Tourenzahl die Walzen den Ton wohl quetschen, aber nicht zerreißen, was bei ungleichen Geschwindigkeiten beides der Fall ist. Dieser Umstand wird gleichfalls noch zu wenig beachtet, denn obwohl nicht zu verkennen, daß bei ungleicher Geschwindigkeit eine bedeutend größere Betriebskraft erforderlich ist und eine raschere Abnutzung der am schnellsten rotierenden Walze stattfindet, so muß doch die Leistung den Ausschlag geben. Eine beachtenswerte Anordnung zur Herbeiführung ungleicher Geschwindigkeiten bei gleicher Tourenzahl der Walzen hat Louis Jäger in Burtscheid-Aachen bei seinen, nach einem amerikanischen Vorbilde konstruierten Walzwerken dadurch getroffen, daß er den Walzen eine konische Form [1]) gibt und dem größeren Durchmesser der einen Walze den kleineren der anderen gegenüber stellt. Da diese Walzen außerdem noch kanneliert sind, so wird zugleich eine große Walzfläche erreicht. Aber selbst bei Walzen von großen Durchmessern und weiter Stellung derselben voneinander ist, wenn größere zumal schlüpfrige Tonstücke zur Verarbeitung gelangen, eine Vorrichtung erforderlich, welche die einzelnen Tonstücke derartig zerkleinert, daß sie von den Walzen ohne weiteres Zutun erfaßt werden können. Dadurch wird den Walzen eine Arbeit abgenommen, für deren Verrichtung sie wenig geeignet sind, es können dann aber auch die Walzen, wenn der Ton schon kleinstückig ist, enger gestellt werden, so daß sie nicht nur ein feiner gewalztes Material, sondern auch größere Massen liefern. Für die dem Walzen voraufgehende Zerkleinerung des Tones hat L. Rahrmdo (Tonindustrie-Ztg. 1877, Nr. 6) eine Maschine empfohlen, die Beachtung verdient, da sie in der Praxis bei Verwendung eines mäßig harten Materials als gut erprobt wurde. Dieselbe (Fig. 17) besteht aus einem trichterförmigen, aus Gußeisen hergestellten kräftigen Rumpfe A, in welchem zwei Messerwellen B in entgegengesetzter Richtung rotieren. Auf einer jeden Welle befindet sich eine Anzahl schmiedeeiserner Messer von eigentümlicher, sich aus nebenstehender Skizze ergebender Form, welche darauf berechnet ist, daß größere Tonstücke zwischen Messer und der schrägen Wand des Füllrumpfes zerdrückt werden. Diese

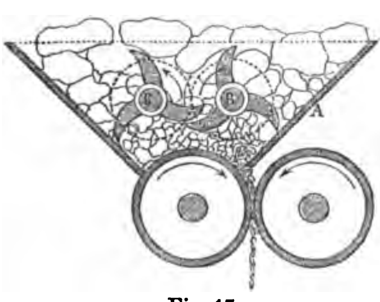


Fig 17.

1) Zur Entfernung von Steinen haben sich die konischen Walzen nicht bewährt. (Töpfer-Ztg. 1888, No. 42.)

Wirkungsweise ist besonders zu beachten. Wollte man die Messer nicht, wie es in der Tat geschieht, aus der Mitte heraus nach außen, sondern konvergierend nach innen arbeiten lassen, so würde die Wirkung weit weniger vollkommen sein. Von Wichtigkeit ist noch die Anordnung der Messer, bei welcher dieselben in gerader Linie so angebracht sind, daß die der einen Welle die Lücken zwischen den Messern der andern Welle passieren. Die größeren oder kleineren Stücke, welche mit dem ersten Durchgange noch nicht Gelegenheit dazu gefunden haben, werden zum Teil durch die Messer nochmals in die Höhe genommen und beim zweiten Durchgange weiter zerkleinert.

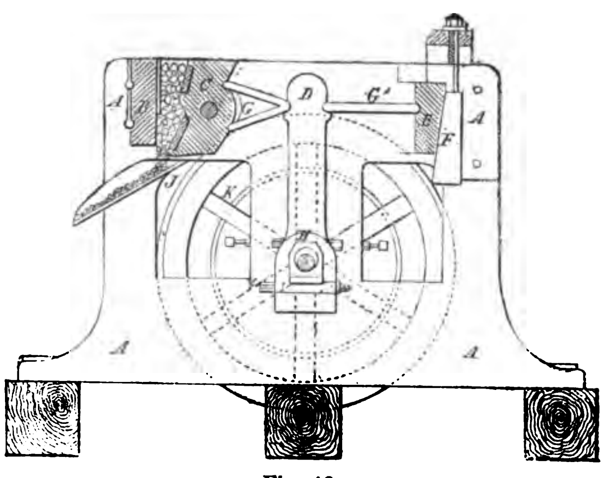


Fig. 18.

Schließlich sei noch erwähnt, daß die Mittelachse des Fülltrichters senkrecht über der Achse der einen Walze sich befinden muß, wie es die Abbildung zeigt[1]).

Brechwerke. — Steinbrecher. Derselbe, auch Maulbrecher genannt, bewirkt durch Oszillieren eines beweglichen Hartgußbackens gegen einen festen ein Zerdrücken von Steinen. Die Maschine wird mit Vorteil angewendet, um harte Materialien, wie Sandstein und namentlich Schamotte, bis zu einer gewissen Größe (60 mm) vorarbeitend zu zerkleinern. Feines Korn oder Mehl vermag er nicht zu liefern, vereinigt aber mit großer Leistungsfähigkeit viele Vorzüge. Die Konstruktionen solcher Apparate weichen voneinander ab, je nachdem man Brecher mit einem oder zwei beweglichen Backen, mit nur einem, aber doppelt wirkenden Backen, nur drückend oder gleichzeitig zerreibend wirkende, auch solche ohne Backen usw. herstellt. Die feste und bewegliche Brechplatte, welche starker Abnutzung unterworfen ist, lassen sich auswechseln.

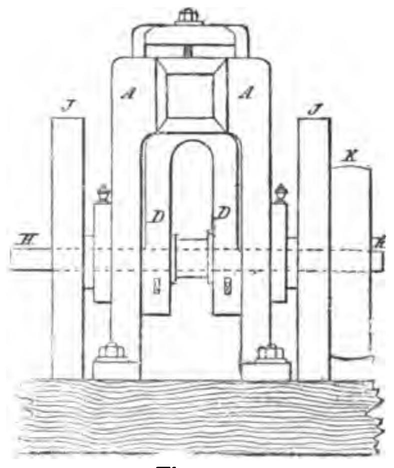


Fig. 19.

1) Tonwarenindustrie-Zeitung 1877, No. 313. Man vergl. ferner Schmelzer, Töpfer-Ztg. 1882, S. 222.

Als ausgezeichnet hervorgehoben wird nach Dinglers Journal 194, S. 197 die Steinbrechmaschine von Marsden, Fig. 18 u. 19; sie besteht aus einem Gestell A, an dessen einem Ende der feste Brechbacken B aus Hartguß angebracht ist; der andere bewegliche Brechbacken C sitzt auf einer Achse, deren Enden in beweglichen Lagern ruhen, um die Entfernung der beiden Backen nach Erfordernis verändern zu können.

Der bewegliche Brechbacken C ist mit Stahlplatten in der Art bekleidet, wie dies aus dem Schnitt in Fig. 19 ersichtlich ist; die Bewegung desselben erfolgt mittelst des Kniehebels GG, und der Schubstange D an dem Exzenter der Welle H. Auf dieser sitzen zu beiden Seiten die Schwungräder JJ, ferner die Riemenscheibe, auf welche der Antriebsriemen gelegt wird.

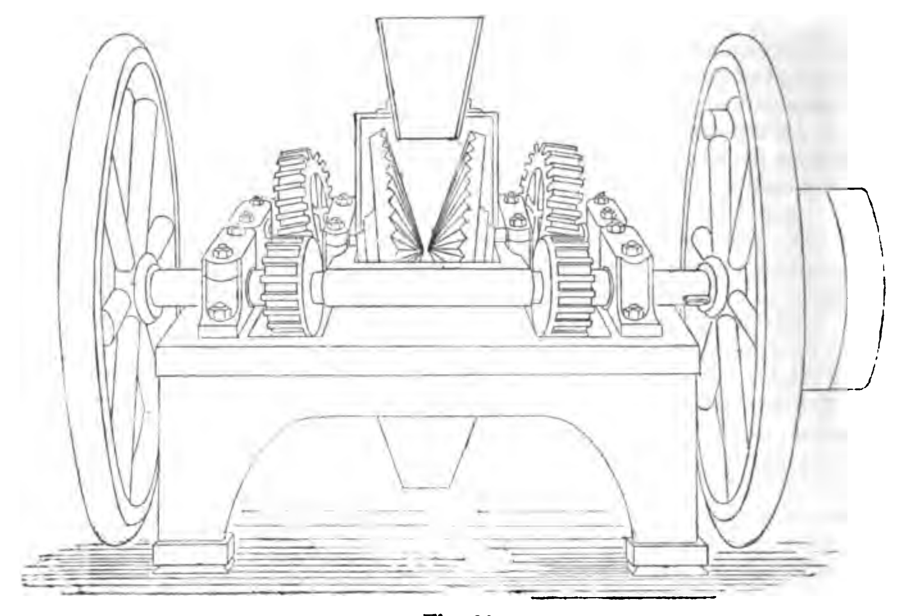


Fig. 20.

Die Wirkung des Kniehebels besteht nicht nur in einem Annähern und Entfernen des beweglichen Backens C von dem festen B, sondern auch in der Hervorrufung einer eigentümlichen schaukelnden Bewegung, wodurch das Material zwischen die Brechbacken gebracht und allmählich zerquetscht wird.

Ferner ist hier anzuführen Camroux's in anderer Weise arbeitender Steinbrecher, Dingler's Journ. 198, S. 196. — Als Vorteile dieser in Fig. 20 in einer perspektivischen Ansicht dargestellten Steinbrechmaschine werden bezeichnet: kontinuierliche Arbeitsleistung, leichte Transportierbarkeit, endlich sehr einfache Konstruktion, weshalb die Maschinenteile nicht leicht in Unordnung geraten können. — Dieselbe ist vornehmlich in der chemischen Industrie in Gebrauch, so zum zerkleinern von Bisulfat usw.

Die glatten oder gekerbten Brechscheiben werden (wie aus der Figur

ersichtlich) mit gleicher oder ungleicher Geschwindigkeit in Umdrehung versetzt. Das Auswechseln der Scheiben geht so einfach vor sich, daß der gewöhnlichste Arbeiter diese Maschine in der kürzesten Zeit zu bedienen lernt.

Erwähnenswert erscheint eine einfache, sehr kräftig gebaute Steinbrechmaschine von Godman: Ein fester Kolben mit gefurchter Stirnfläche wird hin und her bewegt, dabei wider eine gegenüber befestigte, ebenfalls gekerbte Brechplatte getrieben. Um jedoch die Wirkung zu erhöhen, wird der Kolben durch Anordnung eines zweiten Exzenters in eine eigentümliche Bewegung versetzt, welche an das Kauen erinnert, wobei das Material allerdings gleichförmiger zerkleinert werden kann. Die Leistungsfähigkeit ist mit 20—60 t pro Tag (10 Arbeitsstunden) und der Kraftbedarf mit 3—6 Pferdestärken angegeben [1]).

In der Praxis zieht man die direkt wirkenden Steinbrecher den indirekt wirkenden vor, da erstere weniger Reparatur bedürfen [2]).

Kugelmühlen oder Kugeltrommeln. — In der Kugelmühle bewirken fallende und fortgeschobene eiserne Kugeln gleich dem in einer Reibschale bewegten Pistill ein Zerstückeln und Zerreiben. Dieselben gestatten eine sehr vollständige Zerkleinerung, wenn auch nicht ohne Eisenverunreinigung, stauben aber wenig bei großer Produktion. In den Ziegelfabriken haben sich nach übereinstimmenden Mitteilungen die Kugelmühlen meist gut bewährt. cf. Notizbl. 1892 S. 15 und 17. Als Nachteil ist dabei zu bezeichnen, daß der Kraftverbrauch ein größerer ist, weil das große Gewicht der Kugeln beständig mit bewegt werden muß. Die Maschine eignet sich vornehmlich zur Zerkleinerung trockner Materialien [3]). Eine solche aus dem Grusonwerk besteht aus einer rotierenden Trommel, in welcher sich außer dem zu zerkleinernden Material eine Anzahl von Hartguß- oder Stahlkugeln von verschiedenen Durchmessern befinden. Wo es die Art des zu zermahlenden Materials verlangt, werden statt der Hartgußkugeln solche aus Rotguß, auch wohl aus Porzellan [4]), oder Quarz verwendet. Durch die Rotation hin- und hergeschleudert, zertrümmern die Kugeln das aufgegebene Material, welches bei den Kugelmühlen älterer Konstruktion durch eine verschließbare Öffnung der Trommel von Zeit zu Zeit entfernt wird, sobald es den gewünschten Feinheitsgrad erreicht hat.

Das Aufgeben des Materials geschieht durch die oben erwähnten verschließbaren Öffnungen der Trommel, neuerdings meist mittels seitlicher Trichter oder mit Hilfe von Zuführungsschnecken.

Außerdem baut das Grusonwerk Kugelmühlen mit stetiger Austragung. D. R.-P. Nr. 795. Durch dieses stetige Austragen des zerkleinerten Materials, verbunden mit kontinuierlicher Zuführung des zu zermahlenden, ist die Kugelmühle bedeutend leistungsfähiger geworden.

---

1) Dinglers Journ. 202, S. 189.

2) Man sehe ferner Michaelis, S. 157—168, Quetschwalzenapparat, Steinbrechmaschine und Brechschnecke nebst Zeichnungen.

3) Manche fette Tone, wenn sie auch völlig trocken sind, lassen sich auf der Kugelmühle nicht verarbeiten.

4) Dasselbe Prinzip, doch in kombinierter Weise, benutzt die Königl. Berliner Porzellanmanufaktur zum Zerkleinern des Feldspaths, was in einer rotierenden Trommel geschieht, die inwendig mit Porzellanplatten ausgefüttert ist und worin sich gleichzeitig runde Kieselsteine als Zerreibungsmittel befinden. (Töpf.-Ztg. 1874, No. 11.)

Das Rohmaterial wird der Mühle in Stücken bis zu doppelter Faustgröße durch den Einschütttrichter a (Fig. 21) aufgegeben und gelangt durch die Stirnwand der Trommel auf die im Innern der letzteren befindlichen Kugeln. Diese zerschlagen und zerreiben das Material bei der Rotation der Mühle soweit, daß es durch die Zwischenräume des aus Roststäben b zusammengesetzten Trommelmantels hindurchfällt und auf ein System von Siebblechen c gelangt. Diese Siebbleche umgeben den zylindrischen Rost konzentrisch u. haben den Zweck, die gröblichen Griese abzuschieben und durch einige in den Roststäben befindliche Spalten e zur erneuten Vermahlung in die Trommel zurückzuführen. Das durch die Metallgewebe abgesiebte staubfreie Mehl fällt in den Auslauftrichter f des Blechmantels, welcher die ganze Mühle staubdicht umgiebt, während das gröbere durch die Schlitze g in den Staubblechen c und die Spalte e wieder auf die Kugeln gelangt. Das Trommelinnere ist durch das Mannloch l in der Stirnwand des

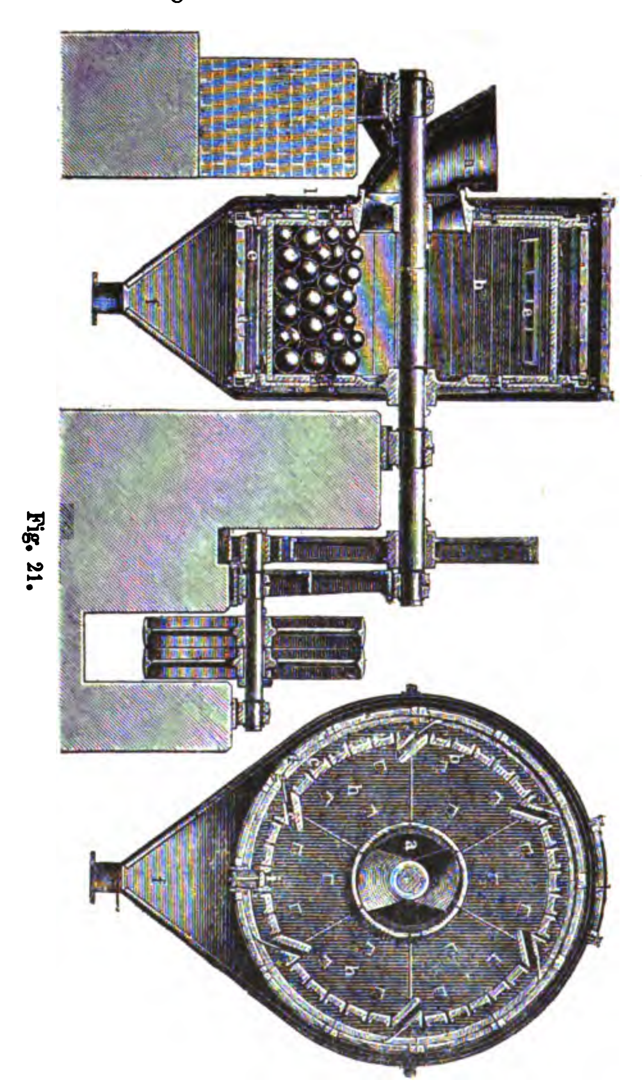


Fig. 21.

Blechmantels und das entsprechende m in der Stirnwand der Trommel zugänglich. Der Auslauftrichter f endigt in einem Sackstutzen und ist mit einem Verschlußschieber versehen, so daß das Mahlprodukt ohne jede Verstäubung in Säcken aufgefangen werden kann.

Die Leistungsfähigkeit der Kugelmühle mit stetiger Austragung ist sehr verschieden, je nach der Härte des zu zerkleinernden Materials.

Mit einer Maschine mittlerer Größe wird gemahlen pro Stunde bei Anwendung eines Siebes von 20 Maschen auf den engl. Zoll:

Quarzit 900 kg
Schamotte 1350 kg

und bei 40 Maschen auf den engl. Zoll:

Tonschiefer 825 kg
Quarz 400 kg.

Der Kraftverbrauch dieser Kugelmühlen beträgt je nach Größe derselben $2^1/_2$—11 Pferdekräfte [1]).

In betreff der Kugelmühle von Hanctin und Sachsenberg verweise ich auf Olschewsky, Katechismus der Ziegelfabrikation S. 89 und 90.

Zum Schlusse möge noch angeführt werden eine Horizontalkugelmühle mit selbsttätiger Sichtung und Aspiration, welche als dem Ideal eines Zerkleinerungsapparates nahekommend bezeichnet wird. M. s. nähere Beschreibung u. Zeichnung Notizbl. Forts. 1894 S. 28 [2]).

Mörsermühle. — Kurz erwähne ich hier eine Mühle, welche im Prinzip unseren gewöhnlichen Kaffeemühlen gleicht. Die mahlenden Teile bestehen aus einer inwendig geriffelten Glocke und einem sich in dieser drehenden auswendig geriffelten Konus. Je tiefer letzterer in die Glocke eingesenkt wird, um so feiner wird das Produkt. Konus und Glocke sind aus Hartguß hergestellt. Die Mühle kann nur für wenig harte Materialien dienen, da bei harten eine außerordentliche Abnutzung unausbleiblich ist. Anzuführen ist hier die Griffinmühle, welche als Hartzerkleinerungsmaschine bekannt und besonders zum Vermahlen von gebrannten Ziegeln zu Schamotte dient. Die Hauptverwendung ist zum gleichmäßig feinen Mahlen von Zement, wobei die Produktion ca. 2500 kg pro Stunde bei einem Kraftverbrauch von 25 Pferdekräften beträgt.

Ist zu beziehen durch A. V. Young Berlin W. Potsdamer Platz.

Desintegrator oder Schleudermühle. — Die Wirkungsweise dieser Maschine beruht auf der Zentrifugalkraft. Während bei allen sonstigen Mahlvorrichtungen das zu zerkleinernde Material der reibenden und drükenden Wirkung zweier Flächen ausgesetzt ist, so schwebt dasselbe beim Desintegrator in der Luft und ist jedes Teilchen des zu mahlenden Gegenstandes in jedem Augenblicke nur mit einer Fläche in Berührung. Der mechanische Effekt zwischen zwei in der Regel festen Medien fehlt hier und ist durch den Stoß ersetzt, welchen das plötzliche Aufprallen eines sehr rasch bewegten Körpers hervorbringt. Die Zerkleinerung findet in diesen Maschinen durch die Wirkung des Wurfes statt und läßt sich daher nach Kick direkt vergleichen mit der Wirkung eines gegen eine feste Wand geschleuderten oder aus bedeutender Höhe auf einen Ambos fallenden Körpers.

In betreff Zeichnung eines Desintegrators wie eingehender Erläuterung desselben verweise ich auf die Töpf.- und Ziegel.-Ztg. 1889, Nr. 40. Ferner sei hier auf die Abbildung eines von Th. Groke in Merseburg konstruierten Desintegrators verwiesen (Fig. 22).

---

1) Vorstehende Angaben sind den Mitteilungen des Grusonwerkes zu Magdeburg-Buckau entnommen. Das großartige Werk liefert Zerkleinerungsmaschinen aller Art, welche sich durch den unübertroffenen Hartguß und solide Bauart ganz besonders auszeichnen. (Ziegel u. Zement 1890, No. 17.)

2) M. s. ferner eingehend, Vortrag von Pfeiffer. (Töpfer-Ztg. 1895, No. 12.)



Auch benutzt man die Zentrifugalkraft zum Pulverisieren harter Materialien in dem Vapart'schen Zerkleinerungsapparat, welcher diese Kraft methodisch und rationell unter den günstigsten Bedingungen benutzt. Der Apparat besteht aus drei horizontalen, an einer vertikalen Welle befestigten Scheiben, welche radial geordnete Leisten tragen. Das Material fällt von Scheibe zu Scheibe, wo es jedesmal eine neue Zerkleinerung erfährt.

Die vollständig eingeschlossene und nicht staubende Vapart'sche Schleudermühle D. R.-P. 364, wie sie von Mehler in Aachen gebaut wird, arbeitet in verschiedenen feuerfesten Fabriken zur Zufriedenheit. Als Bedingung gilt in diesem Falle, daß das aufgegebene Material trocken ist und die damit verbundenen Siebvorrichtungen, die gelochten Bleche, durch die gewöhnlichen Drahtgewebe ersetzt werden, sowie daß überhaupt die Maschine sachgemäß behandelt wird. Die Maschine beansprucht zirka 12 Pferde-

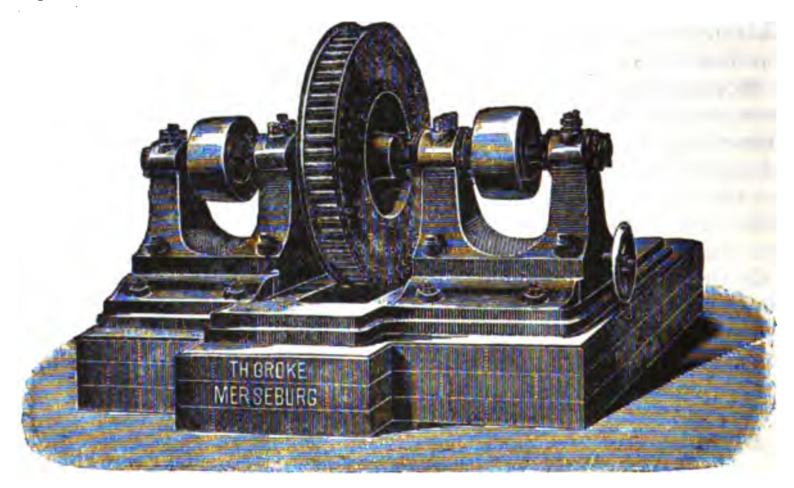


Fig. 22.

kräfte und zerkleinert in 10 Stunden zirka 30,000 kg. (cf. Tonind.-Ztg. 1883, Nr. 22). Hinsichtlich der Behandlungsweise grubenfeuchten Tones in Schleudermühlen finden sich Angaben in den Verhandlungen der General-Vers. des Vereins deutscher Fabriken 1895. Anführungswert erscheint darunter, daß sich nach Versuchen von Reinh. Marth in einer pat. Ringrost-Schleudermühle ein bis zu 16 Proz. Feuchtigkeit enthaltender Ton zufriedenstellend verarbeiten läßt. Leitm. Central-Anz. 1895 Nr. 23.

Zyklon. — Auf ähnlichem Prinzip wie der Desintegrator beruht die Mahlmaschine Zyklon, welche auf der Pariser Weltausstellung (1885) Aufsehen erregte, aus Amerika stammt und dort seit Jahren mit Erfolg benutzt wird. Dieselbe besteht in der Hauptsache aus zwei schraubenförmigen Flügeln, die an den Enden zweier leicht gegen einander geneigten Achsen befestigt sind. Diese werden in äußerst rasche entgegengesetzt gerichtete Umdrehungsbewegung gesetzt, so daß die Flügel 1000—3000 Umdrehungen in der Minute machen. Die Flügel sind in einer gußeisernen Kammer eingeschlossen, welche ungefähr die Form zweier abgestumpfter, mit ihren Grundflächen aufeinandergesetzter Kegel hat. Oben trägt diese Kammer ein Blechgehäuse, auf welchem

die das Mahlgut zuführenden Trichter befestigt sind. Die Zuführung des Mahlgutes geschieht selbsttätig durch zwei in den Trichtern befestigte und durch Übersetzungen in Umdrehung versetzte geriffelte Walzen. Die Mahlkammer ist mit Lufteintrittsöffnungen versehen, an denen Flügelklappen angebracht sind. Durch die Umdrehung der beiden Flügel wird in der Mahlkammer eine äußerst heftige wirbelförmige Luftbewegung (Zyklone) erzeugt, welche dem Apparat den Namen gegeben hat. An dieser Wirbelbewegung nehmen auch die zwei getrennt eingeführten Partieen des Mahlstoffes teil, die sich infolge der entgegengesetzten Bewegungen, welche sie anzunehmen gezwungen sind, lebhaft an einander stoßen und reiben, kurz, gegenseitig sich selbst zermahlen und zwar zur höchsten Feinheit, bis zur Unfühlbarkeit. Durch einen regulierbaren Ventilator werden die gemahlenen Stoffe in Depotkammern geführt, die je nach dem Stoff und dessen Feinheit verschiedene Größen haben. In diesen schlägt sich derselbe nieder nach dem Maßstabe seiner Feinheit und Dichtigkeit, so daß weder Sieben noch Beuteln nötig ist. Das der Mühle zugeführte Material muß vorerst soweit zerkleinert sein, daß es vom Luftwirbel mitgerissen werden kann, wenn es sehr dicht ist, wie Quarz z. B. in Nußgröße. Durch richtiges Zusammenpassen der Geschwindigkeiten der Schraubenflügel wie der Zugkraft des Ventilators und der Größen der an die Mahlkammer gereihten Niederschlagsgefäße kann man mit großer Genauigkeit jede gewünschte Feinheit erreichen. Man mahlt auf diese Weise unter anderem Eisenschlacke, Zement, Ton, Mineralien usw.

Die Eigentümlichkeit dieses Mahlsystems erlaubt das Zermahlen von Stoffen, die bis 20 Proz. Wasser enthalten, was bei keinem anderen System möglich ist; durch die heftige Luftbewegung wird das Wasser den Stoffen entzogen und werden diese rasch getrocknet.

Nach in der Ausstellung vorgenommenen Versuchen konnten in der Stunde 1000 kg des durch seine Härte bekannten Phosphorites auf die Feinheit des Siebes 120 vermahlen werden. Von Zement wurden auf die nämliche Feinheit 1400 kg pro Stunde gemahlen und es blieb auf dem Sieb 200 nur 6 Proz. Rückstand. Die wichtigsten Dimensionen, der Kraftbedarf, die Leistung und der Preis der Maschine sind folgender Zusammenstellung zu entnehmen:

Apparat	Nr. 1.	Nr. 2.	Nr. 3.
Durchmesser der Flügel	0,305	0,610	0,900 m
Kraftbedarf	8—15	20—35	35—50 P.S.
Leistung pro Stunde auf unfühlbare Feinheit	200—800	400—2500	1000—4000 kg
Preis (alter)	5000	7500	10,000 Frc.

Die Abnutzung der Maschine soll sehr gering sein, eine Behauptung, die auf den ersten Blick, namentlich hinsichtlich der Flügel befremdlich erscheint. Wenn man aber bedenkt, daß gerade diese mit dem Mahlgut vermutlich gar nicht in Berührung kommen, da dasselbe durch den Wirbelwind von ihnen weg immer nach der Mitte des Gehäuses gepreßt wird und sich hier gegenseitig selbst zerreibt, ohne Hilfe von mechanischen Teilen, so klingt die Behauptung nicht unwahrscheinlich. Sie ist ferner von geringem Raumbedarf, erfordert zur Bedienung einen einzigen Mann, erzeugt keinen Staub, infolge dessen auch keinen Materialverlust, und zermahlt die härtesten und die leichtesten Körper. Zudem ist das Sieben und Beuteln über-

flüssig, da das Sortieren durch einen Griff am Luftzuleitungsventil reguliert wird usw.

Blockmühle. — Kurz führe ich hier die für die keramische Industrie charakteristische, zum Mahlen von Quarz, Feuerstein, Sandstein und Feldspat schon länger benutzte und sehr verbreitete Blockmühle an, welche aus einem Bodenstein besteht, durch dessen Auge eine Welle geht; diese trägt an ihrem oberen Ende drei starke horizontale Arme, an welchen vertikale Arme befestigt sind, die eine Anzahl schwerer Steinblöcke [1]) vor sich herschieben und im Kreise herumführen. Die letzteren wirken als Läufer, welche Bewegungsart weit zweckmäßiger ist, als ein Nachziehen der Steinblöcke mittels Ketten bei der von der Blockmühle zu unterscheidenden Schleppmühle. Die Ketten haben noch den Nachteil, daß dadurch abgeriebene Eisenteilchen in das Mahlgut kommen [2]). Die Blockmühle kann vorteilhaft in größeren Dimensionen (man baut solche bis zu 5 m Durchmesser) ausgeführt werden und liefert, wo es auf feinste und innigste Mischung verschiedener Gemengteile durch nasses Zusammenmahlen ankommt, verhältnismäßig weit mehr Material, wie kleine Mühlen. Mit einer Blockmühle, deren Bodenstein einen Durchmesser von 2 m hat, kann man in 24 Stunden 240 kg Quarz mahlen [3]), der in Form von grobem Pulver, wie es die Quetschmühle liefert, oder als Sand mit Wasser hineingebracht wird.

Die Blockmühle bietet manche Vorteile, sie ist ziemlich einfach in der Konstruktion, namentlich, wenn der Bewegungsmechanismus aus Holz besteht, weshalb die Anlage und Reparatur mit wenig Schwierigkeiten verbunden ist. Sie bedarf wenig Überwachung und ist unempfindlich gegen vernachlässigte Beaufsichtigung: ist dieselbe beschüttet und so eingerichtet, daß beim Stillstehen der Mühle kein Festsetzen des Materials stattfindet, so kann man sie sich selbst überlassen. Gegenüber diesen Vorteilen steht die geringe quantitative Leistung. Ein Teil wird zu fein gemahlen und damit Arbeit vergeudet und ein noch größerer Teil unnötig herumgeschleppt. Um diesen Übelständen zu begegnen, hat man in den englischen Steingutfabriken die zeitweise Schlämmung des Mahlguts eingeführt. Ferner hat man das Trockenmahlsystem angewendet, und wird die Leistung des Trockenmahlens als eine viel höhere wie die des Naßmahlens auf der gleichen Mühle angegeben. (S. unten Windseparator).

Das Sieben. — Da in dem zerkleinerten Gut und namentlich bei den Koller- und Walzwerken immer Körner von verschiedener Größe vorkommen, so geht zunächst die Aufgabe dahin, das Siebgrobe von dem Siebfeinen und Siebfeinsten zu trennen oder jene Körner daraus auszuscheiden, welche entweder noch gar nicht, oder nicht genügend pulverisiert sind. Die Siebe [4]) sind

1) Man nimmt dazu sehr zähe Gesteine, wie z. B. Basalt, auch Porphyr oder Granit, wie sehr harte, Hornstein oder Quarz. Zu den Mühlsteinen gelten bekanntlich als die besten Quarze, die löcherigen Champagner-, belgischen oder Karpathen-Steine.

2) Man vergl. Vorschläge zur Beseitigung der Ketten, wie weitere Darlegungen: Die Massemühle von heute. (Sprechsaal 1892, No. 1–3.)

3) Weiteres nebst Zeichnungen siehe Kerl, Tonwaarenindustrie, S. 157.

4) Man verwendet für Ton solche, und zwar Drahtgewebe von Eisen oder Messing, welche bis 200 Maschen auf den Quadratzentimeter haben, für Quarz 3—4 Drähte auf den Zentimeter, für Schamotte und Sandstein 2—3 Drähte. Alle Arten von Drahtgeflecht, darunter die feinsten, bis zu 40 Löchern auf den laufenden Zentimeter, waren früher nur zu erhalten bei John Staniar & Komp. in Manchester. Statt der Drahtgeflechte, die sich erfahrungsmäßig rasch abnutzen

entweder einfache Flachsiebe, Handsiebe oder mehr oder weniger schief gestellte Wurfsiebe, ähnlich den in den Gießereien, zum Durchwerfen des Formsandes angewendeten, durch welche der Arbeiter das zerkleinerte Gut mittels Schaufeln wirft und das davor fallende in den Zerkleinerungsapparat zurückbringt, oder man hat statt der festliegenden mit der Zerkleinerungsmaschine gleichzeitig bewegte und mit einer Schüttelvorrichtung versehene Stoß- oder rotierende zylindrische oder sechskantige Trommelsiebe. Die Siebe sollen auch in der Tonmilch enthaltene Unreinigkeiten, Stroh, Holzteile usw. zurückhalten. Windhausen[1]) empfiehlt hydraulische Setzsiebe zum Schlämmen der Tone, welche Ton und Sand durchs Sieb lassen, während die Steine auf demselben zurückbleiben. Die Wirkung ist zweifelhaft. Auch hat man Zentrifugal-Sichtmaschinen versucht, bei welchen ein Flügelwerk in einem Siebzylinder

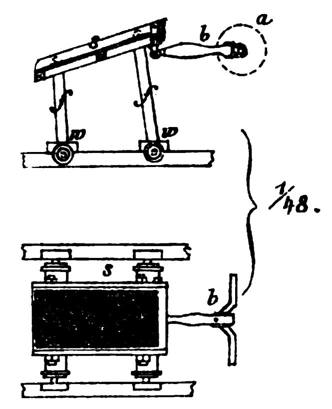


Fig. 23 u. Fig. 24.

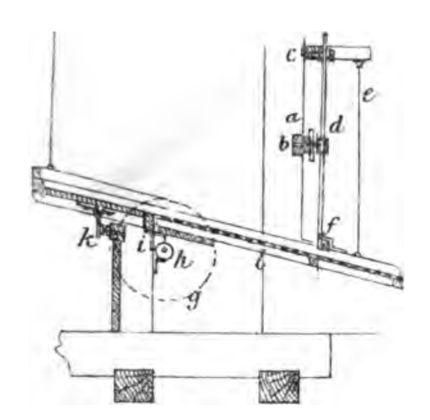


Fig. 25.

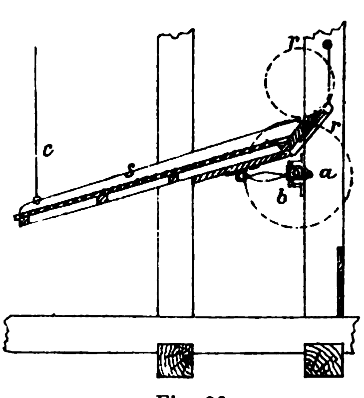


Fig. 26

rasch rotiert und das Produkt gegen das Drahtgeflecht wirft. Trotz der außerordentlichen quantitativen Leistungsfähigkeit haben sich wegen des bedeutenden Verschleißes und starken Staubens dieselben nicht bewährt.

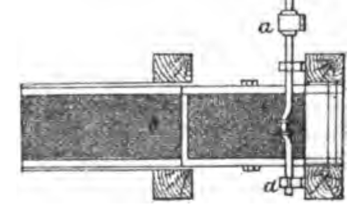


Fig. 27.

und in ihrer Erneuerung sehr teuer für den großen Betrieb kommen, wendet man auch perforierte Metallbleche an. Derartige Flachsiebe mit stellbarer Neigung bieten den Vorteil, daß man mit denselben Siebblechen nach Wunsch feineres und gröberes Korn erzielen kann, je nachdem sie im Betriebe steiler oder flacher gestellt werden. Über die Ungleichmäßigkeit der im Handel bekannten Siebe findet sich ein bemerkenswerter Artikel Tonind.-Ztg. 1897, No. 44.

1) Notizbl. 5, 81.

Dagegen ist anzuführen ein Zentrifugal-Rüttelsieb von Kreiss in Hamburg, bei dem die genannten Übelstände beseitigt sein sollen durch eine Änderung des Abstandes der inneren Schleudern von dem äußeren Siebzylinder. Die Entfernung beider von einander ist hier eine sehr große (ca. 120 mm). Es wird so ermöglicht, sogenannte Gegenschaufeln anzubringen, welche das niederfallende Material wegschaffen, um dasselbe über die rasch rotierenden Schläger auszustreuen. Mittels dieser Einrichtung läßt sich das Sichtgut in sehr fein zerteiltem Zustande senkrecht gegen die Umhüllung schleudern, wobei dann die Metallgewebe weniger leiden, während die große Leistungsfähigkeit der Zentrifugalmaschine unverkürzt bleibt. (Tonindustrie-Zeitung 1886, Nr. 49).

Die Einrichtung der Stoßsiebe erhellt aus den Fig. 23—27.

Hier erwähne ich noch eine von Ammann in Memmingen konstruierte und patentierte Kiessiebmaschine, welche den Zweck hat, den Sand von

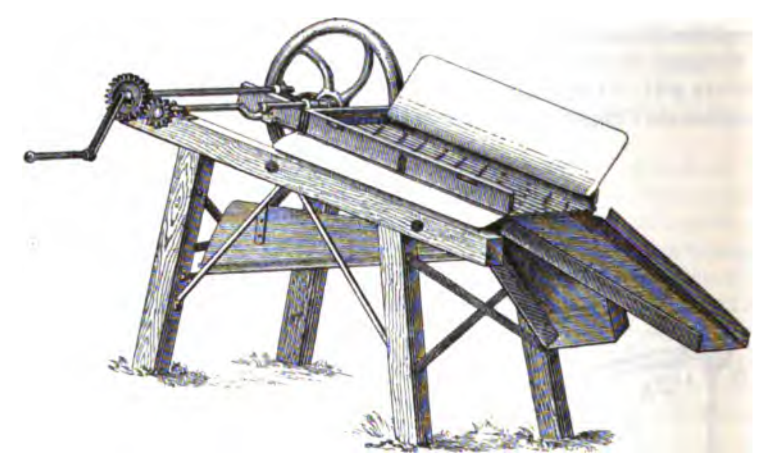


Fig. 28.

den gröbern Kiesen rasch abzuscheiden. Sie ist auf einem Gestell befestigt und besteht aus drei schrägen übereinander stehenden Sieben von verschiedener Maschenweite, welche durch Drehen einer Kurbel mit der Hand in eine hin- und hergehende Bewegung gesetzt werden. Das Rohmaterial wird auf das oberste Sieb aufgeschüttet, dann gedreht, und erfolgt die Sortierung sofort in 4 Korngrößen (Fig. 28). (Töpferzeitung 1884, Nr. 23).

Michaelis[1]) hat einen Siebzylinder beschrieben, an welchem sich die abgenutzten Teile da, wo das Material auffällt, leicht und rasch auswechseln lassen. Die Wirkung desselben wird durch ein Schlagwerk, bewegliche Bügelarme, außerordentlich begünstigt[2]).

Der Fournier'sche Sandrätter[3]) besteht aus einem geneigten Siebe mit drei beweglichen Füßen, um eine stärkere oder schwächere Neigung hervorzubringen. Zur Erschütterung des Siebes dient ein von einer Feder bewegtes

1) Michaelis, die hydraulischen Mörtel, S. 168.
2) Ebendas. S. 170.
3) Dinglers Journal 184, S. 483.

Aufwerfbrett, welches sich neigt, sobald die Last des Sandes darauf geworfen wird, den Sand auf das Sieb streut und sich wieder hebt, wenn er herabgerutscht ist. Gleichzeitig bringt die Feder eine zitternde Bewegung des Siebbodens hervor. Letztere Vorrichtung ist mehr bei tonigen, fetten und feuchten Substanzen erforderlich, als beim trocknen Sande.

Empfohlen werden in neuester Zeit die automatischen Schwingsiebe von Schlickeysen. Es kann dabei das Material ziemlich naß aufgegeben werden, da durch die schwunghafte Bewegung der Siebe dieselben nicht verschmiert werden. Ferner soll das Schwingsieb sehr dauerhaft hergestellt sein und ein Arbeiter damit zirka viermal soviel leisten, wie mit einem gewöhnlichen Sieb. (Tonindustrie-Zeitung 1888, Nr. 15).

Zum Schlusse führe ich noch eine Maschine, den Kreiselräffer, an, dessen sehr große Leistungsfähigkeit für Fabriken feuerfester Produkte gerühmt wird. Dieselbe besteht aus drei übereinander liegenden wechselseitig geneigten Plansieben. (Töpf. u. Ziegl.-Zeitung 1884, S. 81).

Mahl- und Sortiersystem. — In größeren Fabriken feuerfester Ware findet man die genannten Mahl- und Siebvorrichtungen zu einem ineinander greifenden System verbunden. Zuerst gelangen die zu zerkleinernden Materialien, wenn sie hart sind, in die Brechmühle, den sogenannten Steinbrecher, als faustgroße, event. vorher mit der Hand zerschlagene Stücke, alsdann kommt die gröblich gepulverte Masse, gehoben durch ein Paternosterwerk, oder horizontal bewegt mittels eines endlosen Bandes, unter die Grobwalzen [1]), hierauf unter die Feinwalzen, indem jene über diese angeordnet letztere speisen, und endlich unter die Kollersteine, wobei durch eingefügte Zylinder- oder Schüttelsiebe bei den Feinwalzen oder dem Kollergange stets das Mehl gleich abgesondert wird, bis man zuletzt nur Feines oder je nach Bedarf ein Gemenge von Feinem und gröbern Körnern erhält. Was hierbei, beiläufig bemerkt, die Abnutzung angeht, so ist dieselbe am bedeutendsten in dem Steinbrecher, dann bei den Walzen und weniger an den Bandagen der Kollersteine. Bei Hartguß ist sie sehr ungleich, es entstehen größere Vertiefungen, womit alsdann die Wirksamkeit sehr beeinträchtigt wird, und ist deshalb der teurere und schwieriger wieder eben zu bearbeitende Gußstahl vorzuziehen.

Anhang.

Von den Versatzmitteln.

a) Schamotte. b) kieselsäurereiche und c) kohlenstoffhaltige Materialien. d) Bauxit. e) Magnesit und f) Chromit. Letztere drei Mineralien werden erst in neuerer und neuester Zeit vereinzelt benutzt.

Mit Ausnahme einiger Rohkaoline, weniger sandreicher Tone, wie der Klebsande oder trocken zu pressenden Tonpulvers, läßt sich der Ton in seinem natürlichen, bildsamen Zustande nicht verwenden, sondern bedarf eines Zusatzes. Fette, stark bindende Tone kleben an den Formen fest und lassen sich schwierig aus denselben herausbringen. Beim Trockenen verziehen sie sich unter bedeutendem Schwinden. Geht das Trocknen ungleich vor sich, so daß

1) cf. über derartige vorzüglich bewährte Walzensysteme, Anordnung, wie Zeichnungen: Michaelis, die hydraulischen Mörtel, S. 162.

die schneller getrockneten Stellen sich stärker zusammenziehen, so entstehen Risse, die namentlich bei partieller Einwirkung der Hitze noch mehr zunehmen. Man versetzt deshalb die Tone mit natürlichen oder künstlichen, antiplastischen Stoffen, den sogenannten Magerungsmitteln, welche die Plastizität herabmindern oder die fette Masse magern, wodurch das Formen erleichtert, das Schwinden und die angedeuteten Übelstände verringert oder aufgehoben werden. Bei den Magerungsmitteln ist die Frage von Wichtigkeit, wie viel man davon den verschiedenen Tonen in verschiedener Korngröße zusetzen kann. Ferner dienen dieselben als Zerteilungsmittel [1]), gestatten dem Wasser aus dem Innern den Austritt und bewirken damit ein leichteres, gleichmäßigeres Trocknen und Brennen, kurz sie begünstigen das mechanische oder physikalische Verhalten, wohin namentlich das Vertragen von raschem Temperaturwechsel gehört. In wenigen Worten zusammengefaßt, sind unter Magerungsmitteln, bei denen wir im allgemeinen unterscheiden können zwischen porösen und unporösen, zu verstehen: unplastische, staubige, feine oder gröbere Materialien, welche je nach der beabsichtigten Plastizitätsstufe, nach der Beschaffenheit des Bindemittels, nach der nötigen Brenntemperatur, wie für den speziellen Zweck verschieden in Qualität und Quantität gewählt werden müssen. Die Auswahl ist dabei sehr wichtig, weil von dem geeigneten Magerungsmittel der Wert des Fabrikats abhängig ist.

Die feuerfeste Tonindustrie benutzt zugleich auch in verschiedenen Fällen die Versatz- oder Magerungsmittel, um dadurch eine größere Schwerschmelzbarkeit der Masse zu erzielen, wobei ein größtmögliches Durchdringen der tonigen Aufbesserungsmittel oder ein vollständiges Homogenisieren als Bedingung gelten muß.

a) Schamotte.

Das wichtigste und wertvollste Versatzmittel ist die Schamotte [2]). Dieselbe bildet ein grob- oder auch feinkörniges Pulver von gebranntem [3]) und dadurch fester, in der Regel dichter und überhaupt unveränderlicher gemachtem Tone. Wird der Ton gebrannt, so verliert er seinen Wassergehalt, es vermindert sich das Volumen und er zieht sich zu einer dichten Masse zusammen, welche nach dem Erkalten hart und fest ist.

Die Schamotte soll bis aufs Äußerste das Schwinden beendigt, d. h. ihr Dichtigkeits- und Festigkeitsmaximum in recht hohem Grade erreicht haben, mit der Beschränkung jedoch, daß deren Verbindungsfähigkeit mit dem

1) Auch benutzt man, wie gesagt, Schamotte und Sand gewissermaßen als Trockenmittel, um einer zu weichen Tonmasse Steifigkeit zu geben. Ferner ist anzuführen, daß gebrannter Ton eine bedeutende und geschätzte Anwendung findet als Eisenbahnbettungsmaterial, wie auch zur Wegbeschickung namentlich in Amerika (cf. eingehende Behandlung Tonind.-Ztg. 1896, No. 30).

2) Nach Schumacher ist zu schreiben „Scharmotte" und stammt das Wort aus dem Italienischen von Scarmotti, kleine gestampfte Kapselscherben, oder ein Material, was den Ton magert. Bei dem Übergange des Wortes Scarmotti ins Deutsche hat sich das Sc in Sch verwandelt. Dr. W. Schumacher, Sprechsaal 1887, S. 337.) — Nach Dümmler (Ziegelfabrikation 1897. Lief. 2) stammt das Wort Schamotte aus dem deutschen „Schar" und dem französischen „motte".

3) Nur ausnahmsweise wird bei Schiefertonen gewissermaßen an Stelle von Schamotte ein ungebrannter, nicht völlig zerkleinerter Teil des Rohmaterials angewendet, welcher der unmittelbar und auf die einfachste Art namentlich in England verwendeten Masse (beim sogenannten Trockenpressen) eine genügende Körnigkeit gibt.

frischen Ton nicht völlig verloren gegangen oder noch ein gewisser Grad von Porosität, sowie eine merkliche Rauheit der Bruchfläche vorhanden ist. Diese Bedingungen vorausgesetzt, ist das für die Schamotte zu verfolgende Ziel nicht allein, das Schwinden einer Tonmasse verhältnismäßig zu beschränken und das Reißen zu verhindern, sondern sie dient auch als starres Skelett und wie erwähnt als pyrometrisches Erhöhungsmittel. Man kann ferner unter Anwendung desselben Tones im rohen, wie gebrannten Zustande die Magerung feuerfester Tone sehr weit treiben, ohne daß die chemische Zusammensetzung des Scherbens und demgemäß auch der Feuerfestigkeitsgrad eine Änderung erleiden. Die Schamotte soll das durch das Trocknen entstehende Schwinden eines Tongemenges so gleichmäßig als möglich machen und trägt zur Konsistenz der Masse bei, indem sie das Wasser begierig einsaugt und es dem Tone entzieht, wodurch das Trocknen erleichtert, sowie die Gefahr des Verziehens und Reißens ermäßigt wird. Zu wenig ausgeschwundene Schamotte bringt für daraus angefertigte Fabrikate später im Feuer auftauchende Nachteile mit sich und zu schwach gebrannte Schamotte verhält sich wenig fest, mürbe und soll sich durch Wasseraufnahme vergrößern.

Man brennt die Schamotte entweder direkt aus rohem, feuerfesten Ton [1]) oder erhält sie als Abfall von feuerfesten Fabrikaten: Kapseln, Muffeln, Retorten, Glashäfen, Formen von Bessemer-Birnen, Schamotteziegelbruch usw. [2]) — welche durchgeglühte Massen, wofern sie nicht glasiert oder geschmolzen (verbrannt) sind, jedenfalls das für sich haben, daß sie die Schwindung in sehr hohem Grade bereits erlitten, oder wie man sich ausdrückt, hergegeben haben. Die Scherben zerbrochener Mineralwasser-Krüge benutzt man in feingemahlenem Zustande, doch kann dies nur geschehen, wo es auf hohe pyrometrische Anforderungen nicht ankommt. Will man ein ähnliches und jedenfalls reineres Produkt bei direkter Darstellung sich verschaffen, so muß der Ton anhaltend, d. h. durch und durch gleichmäßig heftig gebrannt werden.

Theoretisch ergibt sich beim Brennen von Schamotte für feuerfeste Zwecke die zweifach zu erfüllende Aufgabe: 1. Die Erhitzung muß so lange und stark geschehen, daß der Ton sich möglichst verdichte, ohne daß aber, wie schon erwähnt, die Verbindungsfähigkeit absolut verloren gehe und eine Verglasung oder gar Aufblähung eintrete und 2. daß der Ton unaufschließbarer und wesentlich geeigneter als Gemengteil werde, womit denn eine Zunahme an Feuerbeständigkeit verbunden ist.

Der gebrannte Ton [3]) verhält sich indifferenter gegen flüssige Aschen-

---

1) Bei den früheren Kohlenpreisen wurden die Brennkosten für einen fetten Ton auf 3—4 Mark per 1000 kg angenommen; für den bekannten Grünstädter Ton bei einem Brennverluste von 25 Proz. betragen sie zirka 3 Mark.

2) Wie einleuchtend, sind diese Abfälle sehr verschieden unter einander. Eine gleiche Qualität läßt sich daher nur bei größeren Lieferungen auf Grund vorheriger pyrometrischer Prüfungen regelrechter Durchschnittsproben erhalten.

3) Die in der Praxis nicht selten anzutreffende Behauptung, daß längere Zeit in der Hitze gewesene feuerfeste Steine schwerer schmelzbar geworden, als sie vordem waren, läßt sich nur in Verfolg der angegebenen Gesichtspunkte einigermaßen erklären. Der mögliche Unterschied ist keinenfalls bedeutend und überhaupt nachweislich von keinem großen Belang. — Auch wird von Fabrikanten feuerfester Produkte angegeben: Schamotte direkt dargestellt aus Stücken des natürlichen Rohtons verhalte sich feuerbeständiger, als wenn derselbe vorher

schlacke, schmelzendes Glas usw. Infolge des Brennens wird der Ton porös und gewinnt dadurch wie obige Bestimmungen ergaben, verhältnismäßig, wenn auch in minimaler Weise an Schwerschmelzbarkeit. In der möglichst zutreffenden Lösung dieser sich zum teil widersprechenden Aufgaben, liegt für die an sich so einfache Operation des Schamottebrennens ein praktisch noch besonders zu verfolgendes Ziel.

Wohl das bequemste Schamottematerial ist der bei der Porzellanfabrikation abfallende Kapselbruch. — Die in dieser Industrie herrschende hohe Temperatur bedingt die Verwendung nur guten Materials und die wiederholte Benutzung der Kapsel gibt ein Schamottematerial, das seine Schwindung nahezu völlig vollendet hat. — Ist die Kapsel, wie dies häufig der Fall, mit sauren Magerungsmitteln vermischt — wie im Rohkaolin die Quarzkörner — so findet auch ein eventuelles Wachsen dieser Masse nicht statt, ein Umstand, der nicht zu unterschätzen ist. In Deutschland pflegt man die Porzellankapselmasse vorwiegend mit einem Rohkaolin zu versetzen; den eigenen Kapselbruch benutzt man als Sehamotte und nimmt dazu einen Bindeton, wozu der Waldsteiner Ton (aus dem Egerer Becken) neben dem Salzmünder Ton wenigstens für Thüringen, Sachsen und Bayern die meiste Verwendung gefunden hat. Die Porzellankapsel ist wegen ihres teilweise kaolinischen Bestandteiles ganz besonders geeignet zur Verwendung für Schamottefabrikate, die nicht dicht sein, aber vor allem einem raschen Temperaturwechsel Widerstand leisten sollen. — Die poröse Beschaffenheit der Kapselschamotte hat ferner die Eigentümlichkeit, daß sie den Bindeton fest in sich einsaugt und von ihm gleichmäßig umhüllt, eine innigere Kornstruktur ermöglicht als die dichter gebrannten Tonschamotten. — In der porösen Beschaffenheit, dem geringeren Tonerdegehalt und der öfteren Verunreinigung mit Porzellanscherben und -glasur sowie mit Kaolinasche liegt die Schwäche dieses Materials gegenüber toniger Schamotte.

Ein nicht zu unterschätzender Vorzug ist dagegen in der leichten Zerkleinerung der dünnwandigen Kapsel und ihrem billigen Preise zu suchen. 10,000 kg Kapselscherben pflegen ab Fabrik ca. 60—80 Mk. zu kosten. — Die meisten Kapselscherben stellen sich etwa gleich dem 30proz. Normalton oder zwischen Segerkegel 29—32 [1]). Hat man keine Scherben zur Verfügung, so muß man die Schamotte eigens brennen. Derselbe Fall tritt auch dann ein, wenn es sich darum handelt, Fabrikate herzustellen, die dicht und zähe sein und den Einwirkungen schmelzender Schlacke möglichst widerstehen sollen.

Das Brennen des Tones zu Schamotte geschieht entweder in irgend einem Brennofen für feuerfeste Steine oder man bedient sich mit mehr Vorteil eigens dazu gebauter Öfen, vor allem der kontinuierlichen, am besten aber des Schachtofens mit Generatorfeuerung. Die von Kerpely, „Anlage und Einrichtung der Eisenhütten“, Taf. III, Fig. 1, 2 und 3, gegebenen Abbildungen, zeigen die Einrichtung eines solchen in Oberhausen benutzten Ofens. In diesem werden die 15 bis 25 cm dicken Tonstücke derart eingeschichtet, daß

homogenisiert worden, also das natürliche Gefüge zerstört worden und dann daraus Schamotte hergestellt wird. Desfallsig von mir angestellte Versuche ergaben keinen nennenswerten Unterschied.

1) Nähere Analysenangaben siehe Bischof, Gesammelte Analysen 1901, p. 148—150.

2) Man s. auch Dannenbergs neues Ofensystem zum Schamottebrennen. (Leipz. Töpfer-Ztg. 1891, No. 17.)



für den Durchzug der Luft hinreichende Räume offen bleiben und hierauf wird während 3 mal 24 Stunden die Feuerung mit Steinkohlen unterhalten. Bei geschlossener Essenklappe folgt 24 Stunden Abkühlzeit und dann wird der Ofen entleert. Man verbraucht per Brand 30 bis 36 Ctr. Steinkohlen. Mendheim empfiehlt, für seine Angaben z. Z. einstehend, zum Brennen der Schamotte seine kontinuierlichen Gaskammeröfen, wie solche jetzt zum Sinterbrande von Magnesit bei sehr hohen Temperaturen benutzt werden. Der Verbrauch an Steinkohle beträgt in diesen Öfen 1400 bis 1900 kg für 10,000 kg Schamotte, je nach der Qualität der Steinkohle und der erzielten Temperatur.

Janitz in Lauban gibt dagegen an, daß in einem Ofen (Patent Diesener) auf 10,000 kg gut gebrannte Schamotte nur 1000 bis 1100 kg Steinkohle gebraucht werden. (Tonindustrie-Ztg. 1896, Nr. 21).

Anzuführen ist hier ein Schamottebrennofen, welcher C. von Popp patentiert wurde. Der Ofen hat den Zweck feuerfesten Ton im kontinuierlichen Betriebe bei hoher Temperatur ohne vorherige Formgebung unter Ausschluß jeder Verunreinigung zu brennen. Die Flugasche wird mittels Schamotteplatten, welche im Flugaschenraum angeordnet sind, aufgefangen, wodurch jede Verunreinigung des Brenngutes vermieden werden soll. Der, wie angegeben wird, bewährte Ofen, besteht im wesentlichen aus 1. einer Plattform zum Trocknen des Brenngutes, 2. zwei schiefen Ebenen zum Rösten und Glühen des Brenngutes, 3. dem Flammofenherde mit 4. darunter befindlicher Abkühlungskammer, 5. dem Flugaschenraum und 6. der Feuerung. Ein solcher einfacher Ofen faßt in allen seinen Teilen ca. 7000 kg feuerfesten Ton, welcher im Laufe von 24 Stunden ca. 5000 kg Schamotte = 71 Proz. gibt. Für 100 kg Schamotte werden 70 kg Braunkohle gebraucht. Beim Doppelofen findet eine Ersparnis nur bei der Besorgung statt, während der Brennstoffaufwand derselbe bleibt. Zerkleinert wird die Schamotte, welche hierbei kantige Stücke gibt, fast allgemein durch Steinbrecher (Fig. 29), da der Kollergang zu viel Mehl liefert. Mit der Maschine in Verbindung stehen verschiedene Schüttelsiebe, welche die Schamotte gleich nach den erforderlichen verschiedenen Korngrößen sortieren. Zum Sortieren der Schamotte in einzelne Korngrößen werden empfohlen die Klönne'schen Kreiselrätter wegen großer Leistungsfähigkeit, namentlich wenn dieselben tunlichst gleichmäßig beschickt werden [1]). Ferner wird nament-

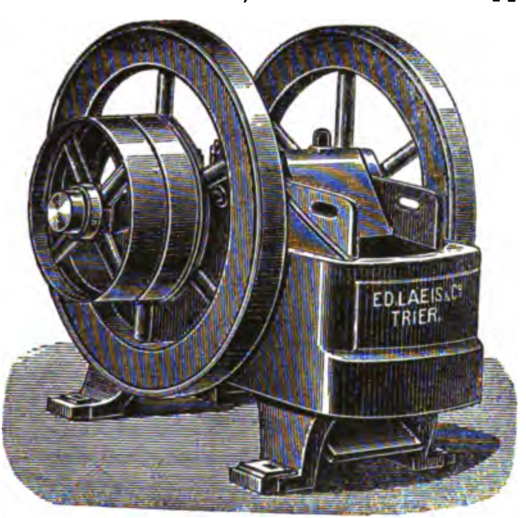


Fig. 29.

1) Notizblatt 1884, S. 79.

lich zum **sehr feinen** Mahlen von Schamotte die **Kugelmühle**[1]) gewählt. Die Meinungen sind indes hinsichtlich der Anwendung der Kugelmühle für feingemahlene Schamotte geteilt; die Siebe verstopfen sich leicht infolge zu starker Erhitzung des Pulvers und dürfte auch die Eisenbeimengung eine größere sein.

Die verschiedenen Zerkleinerungsmaschinen geben außer feinem Pulver bald mehr eckige, bald mehr runde, bald **mehr flache** (linsenförmige) Körner, wobei man in der Regel über 7 mm als Maximum nicht hinausgeht.

Bei der zerkleinerten Schamotte sind hinsichtlich deren Beschaffenheit, besonders in feuerfester Beziehung, drei Punkte zu beachten:

Das physikalische Verhalten der Stückchen; die Gestalt derselben und deren Größe.

1. Für die zum Gebrauch fertige Schamotte ist deren spezifisches Gewicht von großer Bedeutung. Je nachdem dieselbe dicht oder locker gebrannt ist, hat sie einen sehr ungleichen Wert. Abgesehen von deren geringerer Verbindungsfähigkeit leistet die **spezifisch schwerere**, festere oder porenfreie und nicht einsaugende Schamotte schon deshalb, weil sie in dem geringern Volumen mehr Massenteile enthält, der Stichflamme, wie der Flugasche oder flußbildenden Agentien mehr Widerstand als eine spezifisch leichtere, lose, porenreiche und mehr schwammige. Ist die Schamotte locker gebrannt, so zerfällt sie alsbald beim Zerkleinern mehr und mehr, so daß sich daraus ein festes kantiges Korn nicht darstellen läßt. Es wird alsdann in weit vorherrschender Menge feines Mehl erhalten, welches eine Auflockerung des mit der Schamotte bereiteten Fabrikates bewirkt und das fatale Zerspringen mancher feuerfester Fabrikate verursacht.

Nimmt ein solches Fabrikat Ofenschlacke, besonders wenn dieselbe glasartig ist, in sich auf, so neigt es auffällig mehr zum Zerspringen, als dies bei einer reinen glasfreien Masse der Fall ist, abgesehen davon, daß chemische Veränderungen noch das Zerspringen begünstigen. In der Masse stellt sich neben der Schwindung eine große Spannung zwischen den kleinsten Teilen ein. Dazu kommt dann noch insbesondere, daß sich lockere Schamotte saugend verhält und sich daher, wenn sie mit flüssiger Aschenschlacke in Berührung gelangt, damit bis ins Innere vollsaugt und so um so notwendiger der Zerstörung anheim fällt[2]).

2. In betreff der Gestalt der Körner der Schamotte ist zu bemerken, daß dieselben mehr **kantig** und **flach** als rund herzustellen sind.

Da die Kugel von allen Körpern verhältnismäßig die kleinste Oberfläche hat, so bietet ein Gemenge, aus kugeligen Teilen und Ton bestehend, die verhältnismäßig größten Zwischenräume dar. Wo es daher auf die größtmögliche Oberfläche und das geringste Maß von Zwischenräumen ankommt, ist eine scharfkantige, unregelmäßig geformte Schamotte das geeignetste Zusatzmittel und zwar erscheint sie um so geeigneter, je mehr die Masse desselben im Vergleich zur Oberfläche zurücktritt und dieselbe sich der Form von Blättchen nähert. Ferner ist wie gesagt einer rauhen Beschaffenheit der Schamotte statt einer glatten der Vorzug zu geben.

---

1) Eine sehr wirksame und dabei sehr einfache Kugelmaschine zur Zerkleinerung von Schamotte, welche in den Bunzlauer Töpfereien in Gebrauch ist, findet sich von **Hotop** angegeben, nebst Zeichnung (Töpf.- u. Ztg. 1882, No. 14).

2) Man vergl. der Verf. Beachtenswerte physikalische Momente bei den mäßig geglühten feuerfesten Tonen. (Centralbl. f. Glasind. v. 10. Jan. 1886.)

3. Die Größe des Schamottekorns richtet sich nach dem mit dem Zusatze verbundenen Zwecke. Je feiner das Korn, oder je größer die Oberfläche im Verhältnis zum Volumen, desto mehr läßt sich verwenden und desto gleichartiger wird das Gemenge daraus. Mit der Feinheit nimmt das Schwinden zu. Die Masse brennt sich alsdann um so fester und dichter, aber um so geringer ist die Fähigkeit Temperaturschwankungen zu ertragen und bei Neigung zum Springen des Bindetons tritt dieser Übelstand noch mehr hervor. Auch zeigt sich dann bei hoher Erhitzung ein etwas leichteres oder früheres Schmelzen.

Das gröbere Korn ist da am Platze, wo es sich um größere Widerstandsfähigkeit, namentlich bei rascher Erhitzung handelt. Das Gemenge daraus ist ohne stärkern Zusammenhalt (Kohäsion) und federt gewissermaßen, so daß größere oder durchgehende Risse nicht entstehen. Ferner bewirkt das gröbere Korn ein rascheres Durchbrennen der Masse. Eine dadurch hervorgebrachte rauhe Oberfläche, die dem Feuer mehr Kanten und Spitzen darbietet, läßt sich durch Verpatzen mit feiner Tonmasse beseitigen. Da sich die Wirksamkeit des feinen oder groben Korns verschieden äußert, so muß sich die Korngröße darnach richten, welches Verhalten für einen vorliegenden Zweck maßgebend ist. In der richtigen Vermittelung zwischen der feinen und groben Schamotte beim Versatze mit fettem Bindeton liegt ein gewichtiges, nicht zu unterschätzendes Moment für die Fabrikation. Man vermag so die Struktur des Fabrikats bald dichter, bald poröser zu gestalten, ohne, wie schon bemerkt, die chemische Zusammensetzung desselben zu ändern. Eine bereits im lufttrockenen Zustande besonders dichte Masse wird erhalten, wenn die Schamotte aus allen möglichen Korngrößen besteht, weil dann die größeren Porenräume in der Umgebung der gröbern Schamotte durch Zwischenlagerung der feinen geschlossen und so auf ein Minimum beschränkt werden. Man muß der groben Schamotte so viel feine beimischen, als hinreicht, um die Zwischenräume auszufüllen. Diese Menge ermittelt man einfach auf die Weise, daß man einem bestimmten Volumen grober Schamotte, einem Hektoliter etwa, aus einem kalibriten Gefäße Wasser hinzufügt, bis dieses die Luft aus allen Zwischenräumen ausgetrieben hat und sich eben an der Oberfläche zeigt. Das erforderliche Qnantum gibt das Maß der Zwischenräume in der groben Schamotte. Diese Bestimmungsart gilt selbstredend in gleicher Weise auch für andere Zusätze. Angaben, welche Menge Schamotte ein Ton bedarf, um z. B. bei Anfertigung feuerfester Steine, Häfen usw. brauchbar zu werden, finden sich an den betreffenden Stellen des Buches.

Das Mischen der Schamotte mit Ton geschieht im allgemeinen auf die Art, daß beide in etwa einem 0,5 m tiefen Kasten von Holz oder Stein in dünner Lage horizontal über einander ausgestreut, hierauf mit einer bestimmten Menge Regen- oder Bachwasser übergossen werden, und das ganze etwa einen Tag lang zur völligen Durchdringung des Wassers sich überlassen bleibt. Schließlich durchgräbt man in senkrechter Richtung das Gemenge und übergibt es dem Tonschneider zur Homogenisierung. Soll das Mischen in bestimmten Gewichtsverhältnissen geschehen, so ist auf den oben angeführten Jochum'schen selbsttätigen Mischungsapparat zu verweisen.

Schamotte im Gegensatz zu Quarzsand. Im allgemeinen ist als Versatzmittel für feuerfeste Fabrikate die Schamotte anderen Materialien ganz wesentlich voranzusetzen und in physikalischer Beziehung übertrifft sie in erster Linie den Quarzsand, welcher ja ein häufig benutztes Magerungsmittel

bildet. Dieses, seinem allgemeinen Begriffe nach als zerkleinerter Quarz von verschiedener Korngröße bekannte Material, sei es, daß die Zerkleinerung auf natürlichem oder künstlichem Wege erfolgt ist, hat jedoch in gewissen Fällen, die sich bestimmt bezeichnen lassen, seine Berechtigung und verdient für besondere Fälle und namentlich weitaus in ökonomischer Hinsicht alle Beachtung. Derselbe ist in der Regel sehr bedeutend billiger zu beschaffen und herzurichten

Beim Vergleichen eines Tones, nachdem derselbe mit feiner Schamotte und ebenso mit reinem Sande versetzt und hierauf beide Gemenge bis zur Gußstahlschmelzhitte erhitzt worden, ist, wenn unter beiden der erste bedeutend mehr erweicht, für den fraglichen Ton der Sandzusatz zu wählen. Schmilzt hingegen das Sandgemenge eher, so ist ganz entschieden der Schamottezusatz vorzuziehen und der fragliche Ton als Schamotteton zu bezeichnen. Hervorragend feuerfeste Tone sind vorzugsweise als Schamotte zu brennen und so zu verwenden [1]), ja ein Sandzusatz ist hier zweckwidrig, dagegen sind mittelmäßige und besonders zugleich an Flußmittel arme Tone, wie unbedingt die geringen feuerfesten Tone, ungleich vorteilhafter mit Sand zu versetzen, und ist so deren frühere Sinterung zu verhindern oder ihre Schmelzbarkeit zu erhöhen, wenn auch selbstverständlich für besonders hohe Anforderungen sie nicht genügend sind. Da wo auf die feuerfesten Produkte eine mehr chemische Wirkung damit in Berührung kommender Reagentien stattfindet, z. B. bei Anfertigung von Gefäßen zum Probieren, für Tiegelschmelzungen im Großen usw. gebührt mit Recht der Schamotte vor dem Sande der erste Platz. Schwerschmelzbare Schamotte zutreffend gebrannt und in geeigneter ausgleichender Korngröße zweckdienlich angewendet, ist, wie oben näher dargelegt wurde, von dem günstigsten Einflusse auf die mechanische, wie pyrometrische Haltbarkeit der damit hergestellten Masse.

Was die rein pyrometrische Wirkung der Schamotte angeht, so findet in deren Zunahme im Verhältnis zum Ton, wenn man von der oben bezeichneten, doch nur in sehr geringem Grade bemerkbaren Indifferenz oder größeren pyrometrischen Haltbarkeit absieht, keine absolute Erhöhung der Schwerschmelzbarkeit statt. Die einzelnen Schamottekörner und um so mehr die gröberen [2]) halten sich nur relativ länger.

---

1) Ein reines Schamottefabrikat, das in einer gewissen hohen Temperatur entschieden leichter erweicht als ein hochstehendes, kieselsäurereiches, überholt nicht selten in noch höherer Temperatur letzteres (man vergleiche weiter oben), während alsdann das tonreiche Fabrikat gewissermaßen konstant bleibt und sich unverändert behauptet, schreiten die Schmelzbildungen unaufhörlich mit der steigenden Temperatur selbst bis zu einem gänzlichen Zerfließen fort. Beide Erscheinungen, die eines gewissen Erweichens weit unter dem Schmelzpunkt, wie die des unveränderten Erhaltens, dann aber raschen Übergangs aus dem festen Zustand in den dünnflüssigen sind von dem Fabrikanten feuerfester Produkte je nach dem Zwecke oder der gestellten Anforderung ganz besonders in Beachtung zu ziehen. Ähnliches finden wir beim Schwefel, welcher unmittelbar aus dem festen Zustand in den flüssigen übergeht.

2) Die Schmelzbarkeit ist zum Teil, wenn auch in geringem Grade, abhängig von der physikalischen Beschaffenheit der Gemengteile. Die Feuerbeständigkeit wächst mit der mit der Größe des Korns abnehmenden Berührungsfläche und damit verminderten chemischen Einwirkung.

b) Kieselsäurereiche Materialien.

Die Kieselsäure spielt in ihren verschiedenen Formen bei den feuerfesten Tonen — wiewohl sie in feiner Aggregatform [1]) in genügend gesteigerter Temperatur stets als, wenn auch mittelbares, Schmelz- oder Sinterungsmittel auftritt — in bestimmten Fällen und aus besonderen Gründen, wie schon erwähnt, vornehmlich in ökonomischer und zum Teil auch physikalischer Beziehung, oft eine recht wichtige Rolle [2]). Die Kieselsäure findet sich in der Natur im kristallisierten Zustande als Bergkristall, Amethyst, Quarz, endlich als dichter, gewöhnlicher Quarz in den verschiedenen Arten des Sandsteines, Sandes und Quarzites, wie in der Modifikation als Tridymit; im kristallinisch dichten: als Chalzedon, Chrysopras, Hornstein und Feuerstein, und im amorphen: als Opal, Hyalith, Menilith, Kieselsinter und Infusorienerde. Diese verschiedenen Arten besitzen verschiedene chemische wie physikalische Eigenschaften. Bekanntlich wird z. B. nach Lunge die amorphe Kieselsäure mit dem spezifischen Gewicht 2,2—2,3 [3]) leicht und vollständig in konzentrierter alkalischer Lösung gelöst, während dies bei der kristallisierten mit dem spezifischen Gewicht 2,6 nur sehr wenig der Fall ist. Ferner wirkt auf die amorphe Kieselsäure rauchende Flußsäure heftig ein, indem sie sich damit äußerst stark erwärmt und aufbraust, während die kristallinische Kieselsäure langsam und ruhig von derselben gelöst wird. Die amorphe Kieselsäure unterliegt also leichter und eher dem Einflusse der Reagentien. Die chemische Verschiedenheit zwischen der amorphen und kristallisierten Kieselsäure gibt sich zum Teil in ähnlicher Weise hinsichtlich der Schmelzbarkeit, wenn auch nicht so unmittelbar, zu erkennen [4]).

Werden die verschiedenen Quarzarten heftig geglüht, so erweisen sie sich hinsichtlich der Strengflüssigkeit von einander verschieden, auch wenn vorher alle in derselben Weise mittelst kochender Salzsäure gereinigt waren; doch gibt sich ein durchgehender Unterschied zu gunsten der kristallisierten Kieselsäure nicht zu erkennen, wenigstens erscheint im Gegenteil der amorphe Opal strengflüssiger, als die meisten kristallisierten Quarzarten. Durch starkes Erhitzen gehen bekanntlich die kristallisierte und kristallinische Kieselsäure in die amorphe über [5]). Am strengflüssigsten erscheint der Bergkristall und Feuerstein, dann folgt der Opal und hierauf der Amethyst, Chalzedon, Hornstein, Hyalith, kristallisierter Quarz und Milchquarz. Augenscheinlich am wenigsten schwerschmelzbar verhält sich die Infusorienerde.

---

1) Sog. Schluffsand ist in chemischer wie mechanischer Hinsicht für feuerfeuerfeste Fabrikate Gift!

2) Namentlich der Quarz, dieses so verbreitete und leicht in flachmuschelige, scharfkantige Stückchen zerspringende Mineral, ist das große Geheimnis, dessen sich jeder Fabrikant feuerfester Produkte mehr oder weniger zu bedienen sucht, und besteht nicht zum geringsten der Vorteil des einen oder anderen Werkes in dessen größtmöglicher Verwendung in ebenso geeigneter, als geschickter, d. h. nicht selten wohlverdeckter Weise.

3) In späterer Zeit wurde durch vom Rath (Pogg. Ann. 1868, No. 3, S. 507) von demselben geringen spezifischen Gewichte auch eine kristallisierte Kieselsäure entdeckt, welcher er die obige Bezeichnung Tridymit gab. S. ferner Körner Inaug. Diss. Erlangen 1901.

4) Siehe betr. Aufsatz des Verf. in Dinglers Journal 174, S. 140.

5) Nach Jensch ist die kristallinisch dichte Kieselsäure infolge atmosphärischer Einflüsse einer Verwitterung fähig, bei welcher sie in den amorphen Zustand übergeht. (Notizblatt IV, S. 261.)

Mengt man Proben dieser verschiedenen Kieselsäure mit Tonerde (oder natürlichem Ton), so verhält sich das Gemenge mit der amorphen Kieselsäure wesentlich leichtflüssiger, als das mit der kristallisierten, ja in einer bestimmten, wenn auch hohen Temperatur, in welcher die amorphe Kieselsäure augenfällig als Schmelzmittel auftritt, vermag die kristallisierte im Gegenteil die Strengflüssigkeit zu erhöhen, eine Erscheinung, welche wohl auf die Verschiedenheiten in der Feinheit des Materials zurückzuführen sein dürfte. Was die Entstehung der amorphen Kieselsäure angeht, so ist dieselbe anzusehen als erstarrte Kieselgallerte[1]), welche entstanden ist aus der Zersetzung gelöster Silikate durch Einwirkung von Kohlensäure. Zur amorphen Kieselsäure gehören die unter dem Namen Kieselguhr, Bergmehl, Infusorienerde bekannten organischen Gebilde, welche im Gegensatz zu den genannten rein unorganischen Bildungen fast ausschließlich aus den kieseligen Überresten unzähliger Millionen kleinster Organismen bestehen und durch deren Lebenstätigkeit entstanden sind.

In physikalischer Beziehung ist noch beim Quarz die bekannte Beobachtung zu beachten, daß er beim Glühen sich ausdehnt, „wächst", welche Erscheinung sich als Folge eintretender Änderung in der molekularen Aneinanderlagerung denken läßt. Aron beobachtete bei einem Stücke Quarz, auf dem zwei Marken angebracht waren, nach dem Glühen eine Vergrößerung von 0,59 Proz. in linearer Ausdehnung. Diese Schwellung soll mit der Anzahl der Glühungen zunehmen. (Tonind.-Ztg. 1886, Nr. 35.) Nach Versuchen des Verfassers brennt sich der Quarz in einer Temperatur von za. 1700° C kaum rissig, ist aber alsdann leichter zerreiblich und gewachsen; bei zirka 1725° C und noch mehr bei za. 1750° C brennt er sich stärker rissig und leichter zerreiblich, ist aber alsdann kaum mehr gewachsen. Wird eine quarzreiche Masse, wie z. B. ein abgemessenes Stück eines Dinassteins bis 1500° C rasch erhitzt, so zeigt dasselbe bereits ein Wachsen, welches sein Maximum nach viermaliger Glühung (mit 2 Proz. lin.), oder eine gewisse Konstanz erst mit der fünften Glühung erreicht. Die Überführung der kristallinischen Kieselsäure von dem spezifischen Gewicht 2,6 in die amorphe mit spezifischem Gewicht 2,2 vor dem Knallgasgebläse[1]) entspricht nach demselben Forscher und nach Fr. Mohr, wie noch weiter unten folgt, einer Raumvergrößerung von etwa 18 Proz. (Notizbl. VI, 206 und X, 140). Es ist Aufgabe der Praxis, diesem sogenannten Treiben des kristallinischen Quarzes im Feuer entgegenzuwirken und ist in dieser Hinsicht außer der Wahl des Kieselmaterials dessen feinstes Korn und Korngrößenvermittelung von Bedeutung. Im bestimmten Falle ist durch Schamottezusatz oder sonstige Beimengung eine Ausgleichung zu erzielen und kann umgekehrt bei höchst schwindenden Tonen ein Beimischen von Quarz ein gebotenes Hilfsmittel abgeben. Gilt es einen festen sogenannten Quarzstein (Quarzziegel) zu fabrizieren, so ist als erster mechanischer Grundsatz die angedeutete Vermittelung zwischen den Gemengteilen zu beobachten. Soll z. B. Quarz mit fettem Ton vermischt werden, so ist letzterer

---

1) Quarz ist schon mehrfach künstlich hergestellt worden, so nach Lénarmont durch Erhitzung von gallertartiger Kieselsäure mit Chlorwasserstoffsäure, dann nach Daubrée durch Einwirkung von überhitztem Wasser auf Glas und nach Hautefeuille durch Behandlung von Kieselsäure bei 750—880° C mit schwefelsaurem Natrium. Friedel u. Sarasin erhitzten ein Gemenge von Kali, Tonerde und gallertartiger Kieselsäure bei Gegenwart von Wasser. (Töpfer-Ztg. 1880, S. 284.)

notwendig vorher abzumagern, d. h. ein feinerer Sandzusatz muß die Vermittlerrolle zwischen beiden Bestandteilen übernehmen. Das Grobe kann sich mit dem Feinen ohne Zwischenglied nicht zu einem geschlossenen Kontinuum verbinden.

Für die Darstellung feuerfester Fabrikate mittelst Kieselsäurezusatzes ist es somit durchaus nicht gleich, welche Umstände dabei zu beachten sind, und was für eine Quarzart man dazu verwendet, wobei der kristallinische Zustand ebenso eine Rolle mitspielt, wozu auch die Korngröße kommt, in welcher sich die verwendete Quarzart befindet. Zwei wichtige Studien von E. Cramer und L. Rosenberg über das Wachsen der kieselsäurereichen Mineralien und besonders der Quarzite beim Glühen sollen hier kurz besprochen folgen.

Volumenzunahme verschiedener kieselsäurereichen Mineralien beim Glühen.

E. Cramer verdanken wir neuerdings eine außerordentlich umfangreiche und eine Fülle von Anregungen darbietende Arbeit [1]) über das Verhalten von 51 Quarziten, einigen Quarzen wie Sandsteinen und einem Kieselschiefer, welche wiederholt und bis selbst 10 mal dem Garbrande des Porzellans ausgesetzt wurden. Als Resultat ergab sich dabei, daß verschiedene Quarzmaterialien ein recht verschiedenes Verhalten nicht nur hinsichtlich der Größe der bei allen Proben erfolgten Ausdehnung zeigten, sondern auch in der Art und Weise des Eintretens, des Wachsens aufwiesen. Bei einigen stellte sich bereits beim ersten Glühen eine sehr starke Volumenzunahme ein, während die spätere Änderung eine verhältnismäßig geringe war, andere dagegen wuchsen beim ersten Brande nur wenig, erlitten aber bei jedem weiteren Brande eine Vergrößerung.

Die Volumenänderung wurde nicht wie bisher durch direkte lineare Messung festgestellt, sondern durch Ermittelung des Volumengewichtes mittelst des Segerschen Volumenometers und des spezifischen Gewichtes vor und nach jedem Brande. Aus den gefundenen Zahlen ließ sich die Gesamtvolumenveränderung genau und auch die lineare Ausdehnung genügend genau berechnen, da erfahrungsmäßig die lineare Ausdehnung in den verschiedenen Richtungen bei natürlichen Gesteinen die gleiche ist.

Im spezifischen Gewicht zeigten die Quarzite geringe Unterschiede, welche aber größer waren im Volumengewicht. Außerordentlich abweichend untereinander war die Zunahme des Gesamtvolumens nach dem ersten Brande. Die niedrigste Zahl für die Volumenvermehrung beim ersten Brande betrug 3,2 Proz. und die höchste 23,5 Proz., wobei dann alle Zwischenstufen vertreten waren. Beträchtlich verschiedene Zahlen ergaben 4 Proben eines sehr reinen norwegischen Quarzes, bei denen die starke Volumenvergrößerung teils auf Entstehung von Rissen zurückzuführen ist. Bekanntlich sind bei der Ausdehnung des Quarzes die zwei Faktoren: Vergrößerung des Porenraums und das Wachsen der Steinsubstanz ins Auge zu fassen. Nach der Ansicht Cramers dürfte für den Porenraum die Form und die Lagerung der einzelnen Quarzkristalle maßgebend sein, während bei dem Übergang aus dem kristallinischen in den amorphen Zustand die chemische Beschaffenheit der Kristalle von Einfluß ist. Unter Verweisung auf die bezeichneten überaus umfang-

1) Tonindustrie-Ztg. 1901, S. 864.

reichen Tabellen, welche nicht weniger als 8 große Druckseiten umfassen, beschränken wir uns aus Raummangel hier auf die ersten zwei Seiten mit 9 untersuchten Quarzen und Quarziten und zwar indem wir

Quarze und

1—4 b reinweiße Quarze, 5—6 b Rollkiesel daraus,

	1.	2.	3 a.		3 b.		3c.
	einmal gebrannt	desgl.	desgl.	zweimal gebrannt	desgl.	zweimal gebrannt	einmal gebrannt
Lineare Ausdehnung d. Steinsubstanz in %	1,04	3,06	4,86	5,42	1,29	3,94	1,95
Gesamte lineare Ausdehnung in % . . .	3,42	—	10,35	10,37	4,43	9,65	—
Volumenzunahme der Steinsubstanz in %	3,14	9,48	15,29	17,17	3,92	12,29	[illegible]
Gesamte Volumenzunahme (gegenüber den Rohstoffen) in %	10,62	—	34,38	34,44	13,90	31,82	—
	Nach dem ersten Brande schon mürbe und leicht zerreiblich.	Schon beim ersten Brande völlig zerfallen.	Sehr rissig u. mürbe. a ein weisses Stück.	Noch mehr gerissen.	Rissig u. locker geworden. b ein durchscheindendes Stück.	Zerfallen.	Zerfallen, aber im einzeln noch ziemlich hart.

	7. Quarzit, Rollstück aus dem Diluvium, Krystalle ziemlich klein.						
	einmal gebrannt	zweimal gebrannt	dreimal gebrannt	viermal gebrannt	fünfmal gebrannt	siebenmal gebrannt	achtmal gebrannt
Lineare Ausdehnung d. Steinsubstanz in %	1,61	3,10	4,44	4,79	5,19	4,91	[illegible]
Gesamte lineare Ausdehnung in % . . .	4,52	7,86	11,95	12,09	13,33	14,05	[illegible]
Volumenzunahme der Steinsubstanz in %	4,92	9,59	13,91	15,06	16,05	15,48	[illegible]
Gesamte Volumenzunahme (gegenüber den Rohstoffen) in %	14,17	25,49	40,32	40,85	45,45	48,37	[illegible]

Stellt man einerseits die gefundenen niedrigsten Zahlen (unter 2 Proz.) zusammen und andererseits die übrigbleibenden, so ergibt sich nach einmaliger Glühung im Mittel 1,14 Proz. und dabei als überhaupt niedrigste Zahl 0,36 Proz. Andererseits stellt sich als Maximum unter fünf geprüften Quarzen usw. 4,25 Proz. und dabei als überhaupt größte Zahl 5,66 Proz. heraus. Das Resultat stimmt im großen und ganzen annähernd mit den bisherigen Angaben des Wachsens der Dinas beim Glühen überein und bleibt

nur die lineare Ausdehnung der Steinsubstanzen, wie die Volumenzunahme in Prozenten angeben.

Quarzite.

7, 8 und 9 weniger reine Materialien.

d.	4a.		4b.		5		6a.			6b.		
gebrannt	einmal gebrannt	zweimal gebrannt	einmal gebrannt	zweimal gebrannt	einmal gebrannt	zweimal gebrannt	einmal gebrannt	zweimal gebrannt	dreimal gebrannt	einmal gebrannt	zweimal gebrannt	dreimal gebrannt
,66	1,00	1,24	1,00	1,42	0,36	1,52	0,56	1,29	1,84	1,41	2,72	2,76
—	—	—	—	—	2,60	—	1,06	2,52	3,45	2,09	4,40	—
,97	3,02	3,77	3,03	4,33	1,08	4,64	1,69	3,93	5,61	4,30	8,38	8,51
—	—	—	—	—	8,00	—	3,21	7,71	10,72	7,08	13,78	—
Völlig zerfallen.	Schon beim ersten Brande in zahlreiche Stücke zerfallen. Probe b. war ein wenig härter, aber auch leicht zu zerkleinern.				Nach dem ersten Brande schon sehr mürbe, nach dem zweiten Brande völlig zerfallen.		Beim zweiten Brande in mehrere Stücke zersprungen, aber hart und fest geblieben. Beim dritten Brande unverändert.			Beim ersten Brande in mehrere Stücke zersprungen, beim zweiten Brande weiter zersprungen u. mürbe geworden, beim dritten Brande so weit zerfallen, dass ein Messen v. Stücken nicht möglich war.		

		8.	9. Großkrystallinischer, zum Teil rot und lila gefärbter Quarzit aus dem Diluvium.									
gebrannt	zehnmal gebrannt	einmal gebrannt	einmal gebrannt	zweimal gebrannt	dreimal gebrannt	viermal gebrannt	fünfmal gebrannt	sechsmal gebrannt	siebenmal gebrannt	achtmal gebrannt	neunmal gebrannt	zehnmal gebrannt
,53	5,22	5,43	2,22	3,19	3,83	5,70	5,92	5,83	5,83	5,73	5,71	6,76
,14	14,40	5,33	5,79	9,55	13,02	16,46	16,38	17,02	18,31	18,89	18,59	19,18
,53	16,51	17,19	6,82	9,87	11,92	18,08	18,84	18,54	18,54	18,19	18,13	21,69
,70	49,74	16,85	18,40	31,49	44,38	57,97	57,55	60,24	65,60	68,07	66,79	69,30
		Beim Brande in mehrere Stücke zersprungen, die Steinmasse ist noch sehr dicht und hart.										

sogar hinter den in der großen Praxis angenommenen (10—12 Proz.) [1]) der linearen Ausdehnung beträchtlich zurück, während die sehr hohen Angaben für die Reinsubstanz in Prozenten und namentlich für das Gesamtvolumen überragend sind [1]).

1) Wurde doch bei dem Material 9 nach 10maligem Brande eine Volumenvermehrung bis zu 69,3 Proz. berechnet. Dagegen ist eine Berechnung von Fr.

Nach zweimaligem Brande wurde so gefunden im Mittel als Minimum 1,64 und als Maximum 3,41. Als überhaupt niedrigste Zahl ergab sich dabei 1,24 Proz. und als größte überhaupt 3,94 Proz.

Die Brände des Materials 7 und 9 je einmal bis zehnmahl ergaben bei den 10 Glühungen im Mittel ein Wachsen von 4,51 Proz. für die lineare Ausdehnung der Steinsubstanz. Die höchste gefundene Zahl betrug 5,43 Proz. Desgleichen ergab das Material 9 im Mittel ein Wachsen von 5,07 Proz. und als höchste Zahl 6,76 Proz.

Cramer bestimmte auch 9 Probenvon im Handel bekannten Dinassteinen, wobei gleichfalls, wie wir wiederholen, statt die Ausdehnung zu messen, die indirekte Methode angewandt wurde. Derselbe ermittelte das spezifische Gewicht der Dinas vor und nach dem Brennen und berechnete daraus, um wie viel der Stein gewachsen oder geschwunden war. Die lineare Ausdehnung der Dinas, welche untereinander beträchtlich verschieden waren, ergab:

	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 4	Nr. 5	Nr. 6	Nr. 7	Nr. 8	Nr. 9
Bei dem 1. Brande in Proz.	3,39	6,05	1,62	2,11	1,53	1,37	4,98	4,04	3,5
„ „ 2. „ „ „	4,32	6,27	2,00	2,40	1,81	1,57	5,27	4,90	5,2
„ „ 3. „ „ „	4,81	6,32	2,20	2,55	1,85	1,64	5,32	5,22	5,4

Erwähnenswert erscheint bei diesen Ermittelungen, daß die Volumenänderung der Dinas nicht bloß von der Art des Quarzmaterials und dessen verschiedener Feinkörnigkeit, sondern auch der Menge der Flußmittel abhängig ist, welche letztere beim Brennen im allgemeinen eine verdichtende also entgegengesetzte Rolle spielen.

Aus den vorliegenden zur Bekämpfung des Wachsens der quarzartigen Mineralien in so reichlichem Maße angestellten Ermittelungen ergeben sich folgende Winke oder Fingerzeige und sind dabei nachstehende Momente zu beachten, welche unter verschiedenen geprüften Proben eine erwünschte Ausscheidung wenigstens der am meisten wachsenden gestatten.

Verschiedene Quarzmaterialien zeigen, wie oben angegeben, auch beim Glühen ein recht verschiedenes Wachsen, welches bei einigen bereits beim ersten Brande stark hervortritt und bei anderen zuerst gering ist, dann aber bei jedem weiteren Brande zunimmt. Es kommt daher darauf an, mit Hilfe der Vorprüfungen diejenigen Materialien zur Benutzung auszusuchen, welche ein verhältnismäßig günstigstes Verhalten aufweisen. So sind zu bevorzugen: 1. das Material, welches das Wachsen bereits in der Brenntemperatur der Dinas am meisten ergibt. 2. das Material, welches sich in hoher Temperatur alsbald konstant brennt. 3. die sich nicht rissig oder locker, wie auch unrein brennenden Materialien.

Ferner verdient hier angeführt zu werden, eine sehr bemerkenswerte und reichhaltige Abhandlung „Südrussische Quarzite und ihre Verwendbarkeit für die Dinasfabrikation“ von Leonid Baron Rosenberg (Rigaische Ind.-Z. 1901, Nr. 17). Rosenberg untersuchte 10 verschiedene, meist in größeren oder kleineren Blöcken aufgefundene Quarzitproben. Dieselben wurden (m. s. Tabelle I der Abhandlung) analysiert, wie pyrome-

Mohr anzuführen für die durch Glühen bewirkte Überführung der kristallinischen Kieselsäure in die amorphe, wonach eine Raumvergrößerung von nur etwa 18 Proz. eintritt (amorph). Notizbl. VI, 206 X, 140.



trisch bestimmt und das Wachsen der daraus angefertigten Dinasprobesteine gewöhnlichen Formats ermittelt. Das Brennen geschah in Kapseln in einem Kammerofen mit überschlagender Flamme bei Segerkegel 16. Der Brand dauerte 7 Tage und zwar 2 Tage Vorschmauchen, 1 Tag Mittelfeuer und 4 Tage Vollfeuer. Ein langsames Feuer war mit Absicht gewählt worden und dauerte die ebenfalls langsame Abkühlung 26 Tage. Weiterhin wurden die Dinasprobesteine (desgl. Tabelle II) einmal, Tabelle III zum zweitenmal und Tabelle IV zum drittenmal geglüht unter jedesmaliger Steigerung der Temperatur.

Die Tabellen ergeben folgendes Wachsen nach drei Richtungen in Millimeter abgemessen und in Prozenten ausgedrückt, wobei wir uns auf die Angabe der Minimal- und Maximalwerte beschränken.

Bei den 10 von Rosenberg versuchsweise geglühten Dinasprobesteinen betrug in der Zusammenstellung das geringste und größte Wachsen in Prozenten, Tabelle II 1,7—4,7 Proz., Tabelle III 0,4—4,2 Proz., Tabelle IV 0,0—0,8 Proz., Tabelle V 1,2—6 Proz. Die höchste Ausdehnung beträgt demnach überhaupt bei den 10 Quarzitprobesteinen nach dreimaligem Glühen 6 Proz., ist also eine mäßige, welche mit den Angabe von Cramer, betreffend neun im Handel bekannte Dinassteinproben, für die Maximalbestimmungen gut übereinstimmen, während die Minimalbestimmungen von Rosenberg teils beträchtlich geringere Werte aufweisen. Im allgemeinen nimmt das Wachsen der Dinassteine mit den vorgenommenen drei Bränden zu, welche Zunahme nach den Cramerschen Bestimmungen als eine stetige zu bezeichnen ist. Dagegen ist bei dem Rohmaterial (dem Quarzit) die Volumenzunahme beim Glühen eine mehr bedeutende, wie auch mehr wechselnde als bei dem Dinasfabrikat, was daher für ein wiederholtes und zu beachtendes Vorglühen trotz dessen nachteiliger Seite spricht.

Fahren wir fort in der Abhandlung der kieselsäurereichen Mineralien und speziell des Quarzes. Unter den genannten Mineralien findet in der Industrie der feuerfesten Tone nur ein Teil Verwendung. Am häufigsten verbreitet und deshalb bei weitem am wichtigsten ist, wie schon angedeutet, der Quarz, dann folgt der hinsichtlich seines Korns, auch des Bindemittels wie der Färbung[1]) nach recht verschiedenartige Sandstein, woran der Feuerstein, Hornstein, Quarzit, Quarzschiefer sich anschließen. Der Quarz — dieses glasharte, aber spröde, fettglänzende, weißtrübe, mitunter reinweiße, auch durchscheinende, für sich in unseren Öfen unschmelzbare Material — kommt außerdem, daß er ein Gemengteil vieler Felsarten ist und in den verschiedensten Gebirgsformationen Gänge und Lager bildet, als Geschiebe (Quarzgerölle, Kiesel), sowie als Gebirgsart, Quarzfels, in ganzen Gebirgen vor. Der Quarz erscheint in ausgebildeten Krystallen selten. Dem matten oder korrodierten Quarze, dessen Flächen durch Verwitterung angegriffen sind, begegnet man zuweilen nnd schließt der Quarz, was interessant scheint, Flüssigkeiten (Wasser, selbst flüssige Kohlensäure) mitunter ein.

Man benutzt den zerkleinerten Quarz zur Auskleidung der Schweißofensohlen und mit Vorzug möglichst eisen- und glimmerfreie Sandsteine, besonders zur Dinassteinfabrikation, Feuerstein zum Frittenporzellan, zu Steinzeug,

1) Inbetreff der Färbung eines Sandsteins ist zu bemerken, daß dieselbe keinen maßgebenden Anhalt für dessen Gehalt an Eisenoxyd gibt. Nach Wallace, „Über die Verwitterung des Sandsteins" enthielten unter einer Reihe englischer Sandsteine einige derselben von weißester Farbe mehr Eisenoxyd als andere hellrot gefärbte. (Tonindustrie-Ztg. 1883, No. 30.)



Fayenzen, ferner Kieselgerölle, wie Sand in gröberer und feinerer Form. Bei Verwendung der natürlichen Sandsteine, Quarzschiefer [1]) usw. als solche ist zu beachten, daß dieselben bei geschichteter Beschaffenheit im Mauerwerk so gelegt werden müssen, wie sie im Steinbruche gelegen, damit nämlich nicht die Lagerseite, sondern eine der Kopfseiten dem Feuer ausgesetzt werde, weil sonst im Feuer ein Abblättern eintritt.

Zerkleinerung des Quarzes usw. — Um harte Steine, wie Quarz, Feuerstein und Sandstein zu zerkleinern, erhitzt man dieselben zum Glühen, nachdem sie vorher sortiert und von fremden Beimengungen gereinigt sind und läßt sie dann durch Übergießen mit kaltem Wasser rasch erkalten. Zum Ausglühen bedient man sich entweder der Flammöfen mit liegender Sohle oder der Schachtöfen, oder des in England sehr beliebten doppeltkonischen Schachtofens (Tonind.-Ztg. 1900, Nr. 55) in denen die Steine mit abwechselnden Schichten von Brennmaterial bedeckt werden, wodurch ein kontinuierlicher Betrieb möglich wird, oder endlich bildet man aus den Steinen mit dem Brennstoff meilerartige Haufen [2]). Die erste Methode ist jedenfalls die kostspieligste, die zweite die billigste. Man kann dabei jeden Kalkofen, der selbstredend keine Kalkreste enthalten darf, benutzen. Geschieht das Brennen in einem Rumfordschen Kalkbrennofen mit 3 oder 4 Feuerungen am Umfange, so genügen 10 bis 12 Stunden scharfer Feuerung, um den ganzen Einsatz (von 200—300 Zentnern) in helle Rotglut zu bringen. Da, wo eine Verunreinigung der Massen durch Asche oder Schlacken ausgeschlossen werden soll, wird man aber immer der ersten Methode den Vorzug geben, weil sie am reinlichsten ist. Man benutzt dazu das billigste Brennmaterial, Steinkohlen. Namentlich beim Glühen der Feuersteine ist es anzuraten, nicht Holz als Brennmaterial anzuwenden, weil durch den Einfluß der alkalienreichen Flugasche leicht eine glasige Masse auf den Feuersteinen sich bildet, die später bei der Verarbeitung nachteilig einwirkt. Zieht man dann die rotglühenden oder doch sehr heißen Steine in ein vor den Ofen angebrachtes Reservoir, welches mit kaltem Wasser gefüllt ist, so zerfallen sie darin schon zu grobem Pulver oder sie zerklüften wenigstens in allen Richtungen und sind mit feinen Sprüngen durchzogen, welche die spätere Zerkleinerung erleichtern. In ähnlicher Weise benutzt man nach Tenax in Steingutfabriken zum Glühen des Feuersteins Schachtöfen. Dieselben sind an dem unten sich zu einer quadratischen Öffnung verengenden Schachte mit einem starken, schmiedeeisernen herunterklappbaren Rost versehen. Nachdem der Rost mit Hobelspänen, Holz usw. bedeckt ist, wird der Ofen bis zur halben Schachthöhe mit Koks oder für feinere Verwendungszwecke mit Holzkohle trotz stellenweise eintretender Glasur gefüllt, dann werden abwechselnd Schichten von Steinen und Koks aufgegeben bis zur Füllung des Schachtes. Mittelst der Späne und des Holzes wird vom Roste aus der Ofen in Brand gesetzt, und in dem Maße, als der Ofeninhalt sinkt, oben neue Schichten nachgefüllt. Rutscht der Ofeninhalt nicht mehr, und erscheint oben die durchbrechende Flamme, so wird der Rost zurückgeklappt und die unterste Partie der glühenden Steine stürzt in den Raum unter den Schacht, wird weggeschafft und eventuell abgeschreckt. Die zuerst entfallenden Steine sind weniger gut gebrannt, später erfolgt gleichmäßiges Durchbrennen, auch

---

1) Man bevorzugt ein wegen Nichtspringens geschätztes Vorkommen zu Krumendorf in Schlesien. — S. weiter Tonwarenind. 1896, No. 13.

2) Salvétat l. c. Tom. II p. 36—40; Strele, Porzellanbereitung 1868, S. 22 nebst Zeichnungen.

kann alsdann die aufzugebende Menge Koks verringert werden. Der Brand kann durch alternierendes Nachfüllen und Ziehen beliebig lange fortgesetzt werden. Die Öfen müssen stark gebaut sein.

Behufs Anfertigung der bekannten höchst quarzreichen Dinassteine wird nach Khern[1]) möglichst reines, von Glimmer, Feldspat, Eisenadern usw. freies Quarzgestein in Quantitäten von 10000 bis 15000 kg im Rumfordschen Ofen während 10 bis 12 Stunden in helle Rotglut gebracht, die noch glühenden Blöcke ins Wasser geworfen, mit einer Handsetzmaschine gewaschen und der Handscheidung unterworfen, dann die reinsten Stücke zur ersten Steinsorte verwendet. Beim Brennen sind die Stücke so einzusetzen, daß ein durchbrochener Schacht aus gröberen Blöcken formiert wird, und die Flamme gehörig Durchzug findet.

Zerkleinerungsmittel des Quarzes. — Die rohen oder abgeschreckten Steine werden zunächst in Pochwerken, Quetsch- oder Kollermühlen oder Schleuderapparaten zerkleinert, um dann feingepulvert oder auch in Blockmühlen geschlämmt zu werden. Ferner werden dazu Hämmer benutzt. Khern zerkleinert den abgeschreckten Quarz nach älterem Verfahren unter einem Schwanzhammer von 140 kg Gewicht, welcher von einem Manne bedient, in 12 Stunden 1,5 bis 1,6 cbm Quarzmehl liefert, welches durch ein Sieb mit 8—9 Maschen pro Quadratzentimeter geworfen wird. Mittelst Salzsäure oder mit Magneten kann dem erhaltenen Pulver ein Eisengehalt, wenn auch in letzterem Falle nicht vollständig entzogen werden. Handelt es sich um Herstellung von Quarzsand in bestimmten Korngrößen (etwa 2—8 mm) unter möglichstem Ausschluß von feinem Mehl, so empfiehlt sich hierzu, (nach der Töpferzeitung 1881, S. 243) am rationellsten ein Grobwalzwerk mit weitem Ausfallspalt. Die Umdrehungsgeschwindigkeit der Walzen darf keine zu große sein. Walzenringe aus Gußstahl oder Kombination einer Hartgußwalze mit einer aus Gußstahl werden am meisten empfohlen. Eine solche Anordnung liefert bei festem, zu zerkleinerndem Material bei einer Weite des Ausfallspaltes von 8—10 mm pro 10 Stunden 300—400 Zentner Sand in Korngrößen von 1—10 mm und kann dieser Sand durch Trommeln in einzelne Korngrößen gesondert werden. Der Kraftverbrauch bei dieser Leistungsfähigkeit beträgt 7—8 Pferdekräfte, so daß dieselbe pro Stunde und Pferdekraft ca. 4—5 Zentner ergibt. In neuerer Zeit werden die Kugelmühlen empfohlen.

Kieselsäure in Gestalt von Sand. — Unter dem Namen Sand begreift man im weitesten Sinne des Wortes nach Senft[2]) ein kleinkörniges Zertrümmerungprodukt aller krystallinischen Felsarten und auch einfacher Gesteine, die daraus entstanden infolge mechanischer Zerstörung durch Bäche, Flüsse, Meereswogen, Gletscher, wie ferner durch chemische Zersetzung oder durch Austrocknen aus wässeriger Lösung. Wasser zerstört das Gestein durch Eis- und Dampfbildung, zerreibt das Getrümmer bis oft zu mikroskopisch kleinen Schuppen und Blättchen und erzeugt so Flug- und Mehlsand, welcher letzterer sich zuweilen in ganz außerordentlich feiner Form vorfindet. Geht das Bindemittel der Sandsteine in wässerige Lösung, so verbleibt bei rascher Verdunstung das Gelöste in pulveriger Form, das teils einen innigen Gemengteil der Tone ausmacht, teils Sand und Geröll überzieht, teils als Stein- oder Bergmehl für sich in Lagerung geht.

---

1) Wagners Jahresbericht 8, 380; 12, 237.
2) Der Steinschutt und Erdboden, von Ferd. Senft, Berlin 1887.

Jede Felsart und jedes Mineral, sagt Senft sehr bezeichnend, kann bei einer mechanischen Zerkleinerung wenigstens eine Zeit lang wirklichen Sand bilden, nicht etwa blos der zertrümmerte Quarz, und so ist jeder Sandhaufen im allgemeinen als ein Gemenge von Mineraltrümmern verschiedener Art zu betrachten. Sand ist nur eine Form, in der jedes Mineral erscheinen kann und besteht daher in der Regel nicht aus hauptsächlich nur einem Stoffe. Nach Daubrée lassen sich die festen Gesteine, wie schon erwähnt, mittelst einfachen Versuches durch Bewegung mit Wasser in einer horizontalen Trommel außer in eigentlichen Sand in Geschiebe und Schlamm zerlegen. Das Hauptprodukt der gegenseitigen Abreibung ist dabei aber nicht Sand, sondern Schlamm. Die unzähligen Varietäten von Sand gehören mehreren besonderen Typen an. (Notizbl. 1880, S. 203.)

Im Sandgemenge lassen sich zweierlei Sandkörner unterscheiden: die veränderlichen und die stabilen, zu welchen letzteren Quarztrümmer gehören. Außerdem treten in den Sanden Akzessorien oder zufällige Gemengteile auf: Krystalle, Körner und Blättchen von Mineralien und Metallen, welche aus den zersetzten Muttergesteinen herstammen und wozu angeschlemmte pflanzliche und tierische Reste (Holzteile, Kohle, Konchylien) zugeschwemmt sind.

Man kann die Sandarten, wovon jedes Vorkommen gewöhnlich von einer gewissen Gleichheit ist, teils nach der Korngröße, teils nach der Korngestalt, teils nach den Hauptgemengteilen, endlich der Bildungsweise nach klassifizieren. Der Sand kann grober (Kies usw.), feiner (Quell- oder Triebsand), feinster[1]) (Staubsand) und andererseits körnig, blätterig und splitterig, ferner quarzreich, feldspatig, kalkhaltig, glimmerhaltig, augitisch und eisenschüssig, sowie vulkanischer Verwitterungs-, Schwemm- oder Flußsand sein. Gewisse Bestandteile können auch als vorherrschend auftreten, so daß sie unmittelbar auf den Ursprung des Sandes hindeuten. Hauenschild (cf. oben a. a. O.) schlägt so nach den bekannten beiden Hauptgruppen der Gesteine die beiden Hauptunterscheidungen vor: Silikatsande und Karbonatsande, letztere die Zerstörungsprodukte der Karbonatgesteine (Kalk und Dolomit) und deren verwandten Felsarten. Die Silikatsande teilt Hauenschild wieder ab in minerogene Sande, welche aus einfachen Mineralien bestehen und petrogene, welche die Rudera der noch nicht in die einzelnen Mineralkomponenten zersetzten Muttergesteine enthalten.

Alle die genannten Merkmale kommen bei der Verwendung des Sandes in feuerfester Beziehung und zwar des am verbreitetsten wie widerstandsfähigsten und zur Silikatsandgruppe gehörigen Quarzsandes[2]), den man hier nur gebrauchen kann, in Betracht. Für feuerfeste Zwecke ist es, wie schon betont wurde, keineswegs gleichgültig, ob ein Sand grob oder fein und ob er außerdem rundlich[3]) abgeschliffen, plattenartig oder eckig, scharf-

1) Sehr merkwürdig ist die Selbstzerkleinerung des Sandes, wie sie von Böhme und anderen in betreff Änderung der Qualität des Normalsandes zu den Zementprüfungen wahrgenommen wurde. Selbst bei ruhigem Stehen der Tonne soll eine stetige Reibung und damit Staubbildung im Sande stattfinden. In Betreff eines überaus feinen Sandes s. man d. Verf. Sprechsaal 1877, S. 84.

2) Nach Girard zeichnet sich der Braunkohlensand als reiner Quarzsand aus (Notizbl. IV, S. 141). Nach v. Dechen, „Die nutzbaren Mineralien und Gebirgsarten im Deutschen Reiche", S. 774, liefern überhaupt die tertiären Schichten überaus vielen, sehr reinen Quarzsand.

3) Nach Daubrée entstehen unter gewissen, jedoch ziemlich häufig eintretenden Bedingungen Sande, deren Körner durch einen mechanischen Vorgang völlig

kantig [1]), splitterartig ist. Vor allem muß der feuerfeste Sand ausreichend rein oder frei von genannten Muttergesteinresten, wie erdigen und selbst eventuell tonigen Teilen ein.

Sand, dessen Güte je nach dem Alter. — Im großen und ganzen genommen läßt sich, namentlich von dem Quarzsande in bezug auf Reinheit und Güte dasselbe wie von den Tonen behaupten. Je längere Zeiträume der Sand oder dessen zersetzbare Teile der Verwitterung ausgesetzt gewesen sind, um so reiner schied sich das übrigbleibende Material aus.

Unter den sehr vielen und bedeutenden Vorkommnissen sei hier nur auf die sehr reinen und pyrometrisch recht hoch stehenden gewaschenen Glassande verwiesen. Als das beste und mächtigste gilt das Lager bei Nivelstein oder Herzogenrat (Rheinprovinz) von dem nach überraschender Analyse angegeben wird, daß der Sand 99,975 Proz. Kieselsäure enthalte, also erstaunlich rein sei; dann folgt der von Hohenbocka [2]) (N.-Lausitz) in reinster Varietät mit 99,77 Proz. Kieselsäure usw. In Frankreich wird hoch geschätzt der Sand von Fontainebleau und in Amerika ist als ein ganz vorzüglicher Sand bekannt der bei Crystal-City im Staate Missouri und der bei Berkshire in Massachusetts.

Ein reiner Sand hinterläßt auf einem weißen Papier ausgebreitet und gerieben keine Schmutzflecke, oder mit Wasser geschüttelt, trübt er dasselbe nicht oder unmerklich und wird auch vom Wasser rasch durchdrungen. Die Färbung der Sande rührt nicht selten von Kohlebeimengung her, in welchem Falle der Sand sich alsdann vollkommen weiß brennt, was indeß in hochgesteigertem Hitzegrade auch bei gelblichen Sandarten sich zeigt [3]) und als Folge von Schmelzbildung oder Lichtbrechung sich erklärt. Anzuführen ist hier eine in der feuerfesten Tonindustrie zu Mörtel, wie auch zur leichten und daher billigen Herstellung feuerfester Steine beliebte Sandsorte, der sogenannte Klebsand, ein Sand, bei dessen Ablagerung sich so viel Ton zugesellte, daß er eine bildsame Masse gibt.

Unter solchen Klebsanden sind, vorausgesetzt, daß dieselben aus möglichst reinem Quarzsand und feuerfestem Ton bestehen, die kieselreichsten am schwersten schmelzbar. Vorzuziehen sind daher die Vorkommnisse, welche den Sand in feinerer Form, als Staub- und Streusand zeigen. Begünstigt der Staubsand auch die Einleitung des Schmelzprozesses, so kann doch diese Wirkung durch einen größeren Kieselsäureüberschuß aufgewogen werden und man wird unter sonst gleichen Verhältnissen beim Brennen ein um so festeres Produkt

---

abgerundet sind. Die gleich großen Sandkörner runden sich gerade so, wie die Geschiebe aneinander ab, wozu aber notwendig ist, daß sie hinreichend groß, um nicht in Wasser suspendiert zu werden, und auch wieder klein genug sind, um der Strömung zu folgen. Körner von etwa 1/10 mm Durchmesser scheinen in schwachbewegtem Wasser zu schwimmen, aller Sand, der feiner ist, wird ohne Zweifel eckig bleiben. Bei stärker bewegtem Wasser schwimmen auch die Körner von größerem Durchmesser und erhalten sich daher eckig. (Notizbl. 1880, S. 207.)

1) Nach Daubrée besteht der unter der Last der Gletscher durch Zerdrückung entstandene Sand aus eckigen unregelmäßigen Trümmern von allen Größen. Ebenso scheidet sich der Quarz in kleinen eckigen Trümmern ab, wenn sich der Granit in situ zersetzt und in seine Bestandteile auflöst. Der durch Zerreibung von Granit entstandene Sand ist ebenfalls eckig. (Notizblatt 1880, S. 206.)

2) Was die Gewinnung des bestbekannten Hohenbockaer Sandes und dessen äußerst sorgsames Waschen, wie Verladen angeht, wodurch jedwede Verunreinigung desselben ausgeschlossen wird, s. man Tonindustrie-Ztg. 1902, No. 152.

3) Der Verfasser. (Notizblatt 1877, August.)

erhalten. Bei mäßigen Ansprüchen lassen sich aus einem guten Klebsand [1]) genügend hochfeuerfeste Fabrikate darstellen.

Kurz mag hier noch eingeschaltet werden das unter der Bezeichnung Glasursand bekannte Material. Derselbe dient als Glasurmittel in den Fabriken von Porzellan, Steingut, Majolika usw., auch zum Emaillieren und in der gewöhnlichen Töpferei und Ziegelei [2]). Die erste Bedingung ist hierbei, daß der Sand möglichst fein sei, je feiner, desto besser. Den Feinheitsgrad bestimmt man durch Ermittelung des Volumgewichtes. Dann spielt aber auch die chemische Zusammensetzung eine Rolle. So erlaubt die Glasur für feinere Gefäße nur einen sehr geringen Eisengehalt des Sandes. Die Eisenmenge soll unter 1 Proz. betragen, während für die genannten gewöhnlichen Zwecke die Eisenmenge über 1 1/2—2 Proz. steigen kann. Ferner muß der Kieselsäuregehalt in dem Sande ein recht hoher sein, d. h. die gewöhnlichen Beimengungen und namentlich die von Ton, Glimmer und Feldspat sollen gering sein. Unzweifelhaft ist, wie schon erwähnt, der Quarzsand um so schmelzbarer, je mehr Feldspat darin sich vorfindet, wie andererseits je reiner oder feuerfester der verwendete Bindeton, um so später äußert sich ein verflüssigender Einfluß. Wird der Hitzegrad überschritten, bei welcher die Tonteile schmelzen, so wirkt eine gewisse Menge Sand als starkes Schmelzmittel. Der Sand (wie der Quarz) gibt somit, wofern er nicht außerordentlich vorherrschend, ein mittelbares Schmelzmittel ab.

Ist der Sand mit erdigen Bestandteilen gemengt, was um so häufiger vorkommt, je feiner der Sand ist, so wird derselbe durch Waschen [3]) in feinen Drahtsieben gereinigt, welche im Wasser in schüttelnde Bewegung gebracht werden. Bei größerem Verbrauch hat man besondere Schlämmvorrichtungen.

Zur Ermittelung von Korngrößen empfiehlt sich der Siebsatz von Alex. Müller, welcher aus Blechen besteht, die mit runden Löchern versehen sind. Beim Schlämmen bleiben grobe Kieselkörner schon im Aufweichbottig zurück, die tonigen Teile gehen in das Vorlagegefäß und der Sand sammelt sich im Schlämmstocke.

Strele gibt zwei Apparate zum Auswaschen von Sand nebst Zeichnungen an. Fig. 30 stellt einen solchen für Fälle dar, wo genug Wasser zu Gebote steht. B stellt als bewegende Kraft ein Wasserrad vor, an welchem sich die Welle A mit Flügeln befindet. C ist eine Rinne, welche dem Gefäß das Waschwasser zuführt, welches, wenn es durch die Bewegung der Welle und das hierdurch erfolgte Aufrühren des Sandes, die feinen erdigen Teile desselben auf-

---

1) Bekannt ist der Klebsand von Grünstadt in der Rheinpfalz wegen seines massenhaften (kleine Berge bildend) und meist recht reinen und gleichmäßigen Vorkommens, welcher aus 90 bis 95 Prozent Quarzsand und 5 bis 10 Proz. Ton besteht.

2) Über die Bedeutung des Sandes und dessen Verwendungsweise als Versatzmittel für Porzellanmasse und Steingut, welcher die Transparenz des Scherbens und die Weiße um so mehr erhöht, je reiner derselbe, findet sich ein bemerkenswerter Artikel von G. Müller in der Tonwaren-Industrie (Bunzlau) 1903, No. 45 und 46.

3) Das Waschen des Sandes ist ein Schlämmen mit umgekehrtem, gewöhnlichem Zweck. Beim Sande will man das Gröbere gewinnen und das Feine beseitigen. Nach Schumann (Töpfer- und Ziegler-Zeitung 1879, S. 59) ist das spezifische Gewicht von Grubensand:

grober	= 2,66
feiner	= 2,75
Reinsand (gewaschener)	= 2,64.

genommen hat, getrübt überläuft und allenfalls in den daneben befindlichen Satzgefäßen gesammelt werden kann. F und G sind solche Satzgefäße. a und b sind Ablaufröhren in denselben. Den Inhalt in den Satzbottigen, wenn er brauchbar ist, behandelt man in bekannter Weise.

Ist man jedoch gezwungen mit dem Wasser zu sparen, so macht Fig. 31 den Apparat anschaulich, worin das Wasser den Sand so lange auswäscht, bis dies vollständig geschehen ist. A ist eine Tonne, welche an die durchgehende Achse befestigt ist und mit derselben herumgedreht werden kann. B ist die verschließbare Öffnung, durch welche man die Tonne füllen und entleeren kann, wenn man derselben eine diesem Zweck entsprechende Lage gibt. Verlegt man die Öffnung allmählich nach unten, so läuft zuerst die trübe Flüssigkeit ab und läßt sich endlich aller Sand aus dem Bottich bringen, wenn die Öffnung ganz nach unten steht. C sind Verstärkungsrippen von Holz oder, wenn das Eisenoxyd den mit diesen Materialien erzeugten Massen nicht schädlich ist, auch von Eisen. D ist ein trichterförmiger Kasten. Es ist eine verschließbare Öffnung in demselben, die man mittelst der Rolle G öffnen und

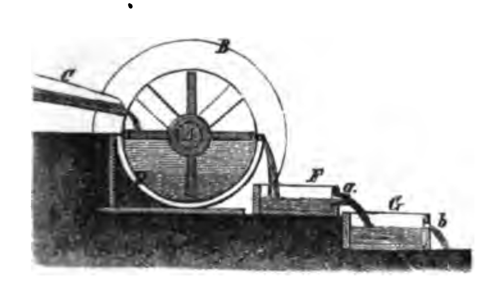


Fig. 30.

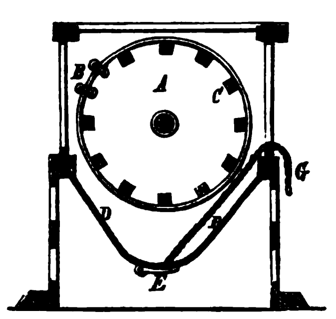


Fig. 31.

schließen kann und wodurch man den ausgewaschenen Sand in untergesetzte Gefäße bringt und fortschafft. Ferner sei noch verwiesen auf eine maschinelle Vorrichtung zum Waschen und Sieben von Sand und Kies, beschrieben in der Thonind.-Ztg. 1884, Nr. 33 und 44 und auf eine Sandwaschmaschine von Gresly und Ruge usw. (Tonind.-Ztg. 1886, Nr. 51). In neuerer Zeit wendet man rotierende Trommeln an, worin sich eine Welle mit Mischflügeln umdreht und die Trübungen unter ständigem Zulaufen von Wasser ausscheidet.

Soll der Sand geglüht werden, was unerläßlich ist, wenn derselbe reichlich mit organischen Substanzen durchsetzt ist, so geschah dies bisher in Kapseln; in neuerer Zeit hat man für diesen Zweck besondere Öfen konstruiert. (M. s. Steger, Tonind.-Ztg. 1894. Nr. 5.)

Auch kann man Sand reinigen durch Schmelzen mit 1—15 Proz. Ätznatron, wobei das Eisen und Mangan von dem sich bildenden Laugenstein gelöst wird.

Wirksamkeit des Sandes, vornehmlich in physikalischer Hinsicht. — Der Sand ist als bald nützlicher und bald auch schädlicher Gemengteil für die Fabrikation von entscheidendem Einflusse; derselbe, wenn er nicht allzu fein ist, wirkt dem Schwinden der Tone entgegen und regelt dasselbe durch seine Körperlichkeit sowohl beim Trocknen als beim Brennen. Der Sand be-

schleunigt das Trocknen und wirkt formerhaltend, ansteifend, letzteres um so mehr, je feiner er zerteilt und je größer seine Oberfläche ist. Bei größerer Menge desselben brennen sich die Steine mürbe (die Porosität nimmt zu) oder rissig, klapperig, wenn die Sandkörner zu grob, und namentlich bei verschiedenen Korngrößen eine nicht genügende Vermittelung der gröberen Gemengteile untereinander bewirkt worden ist. Ein Überschuß von Sand benimmt dem Tone seine Dichtigkeit, die dadurch lockere, löcherige Masse, welche Wasser begierig einsaugt, erscheint loser. Die Schwerschmelzbarkeit erhöht der Sand im allgemeinen nur in relativer Weise für mäßige Hitzegrade oder mittelst bedeutenden Überschußes.

Aron in seiner bekannten Abhandlung (Notizbl. X, S. 131): „Über die Wirkung des Quarzsandes und des Kalkes auf die Tone beim Brennprozess", stellte, was wir hier wegen der eingehenden Versuche wiederholen, fest, daß mit Quarzsand gemagerte Steine bei Dunkelrotglut größer sind, als im getrockneten Zustande und durch Quarzpulver gemagerte Tone von einem gewissen Punkt der Magerung ab beim Brennen nicht dichter, sondern poröser werden, und zwar um so poröser, je stärker die Brenntemperatur war.

Mit Ton unter Zusatz von Quarzsand in verschiedenen Korngrößen angestellte Schwindungsversuche gaben nach Aron das Resultat, daß mit dem gröberen Korn das Schwinden beim Trocknen zunimmt, während beim Glühen das Umgekehrte stattfindet, das Schwinden in sehr erheblichem Maße abnimmt, ja schließlich selbst ein Wachsen durch Aufblähung eintritt. Der Grund dafür ist in einem mechanischen Momente (mehr oder weniger dichte anfängliche Lagerung der Teilchen) und bei genügend hoher Temperatur in einem chemischen (vermehrte Angreifbarkeit) zu suchen. Bei den in allem Übrigen gleichen Mischungen mittelst Ton und Quarzsand bis auf die verschiedenen Korngrößen zeigte sich, daß gleiche Mengen Wasser eine mit dem gröberen Korn zunehmende Weichheit des Teiges herbeiführen, weil das durch Quarz vertretene Wasser zur Entfernung der Tonteilchen beiträgt, daher die Masse um so weicher erscheint und beim Austrocknen um so mehr sich zusammenzieht oder schwindet. (Vergl. Notizbl. 1875, S. 315.)

Versetzt man einen Ton mit reinem Quarzsand in verschiedenen Verhältnissen und glüht die Gemenge, so wird, wie wir oben bereits kennen gelernt, bei einer Temperatur unter der Gußstahlschmelzhitze die Strengflüssigkeit durch den Sand erhöht und zwar in zunehmendem Verhältnisse mit dessen Menge; wird aber die Prüfungshitze über Gußstahlschmelzhitze gesteigert, d. h. so weit, daß eine Silikatbildung eintritt, so wirkt im Gegenteil der Sand schmelzbildend. Die Silikatbildung findet um so leichter statt in je feinerem Zustande der Sand ist und bilden sich um so widerstandslosere Verbindungen, je unreiner der Ton ist. Wird er in geringerer Hitze geglüht, so nimmt mit Zunahme des Sandes, und namentlich, wenn er nicht feiner pulverisiert wird, ungleich das Volumen zu, d. h. die Porosität, wobei die Festigkeit abnimmt. Vergleiche weiter die oben angeführten Versuche von Aron.

Ist so durch Sandzusatz dem Schwinden entgegenzuwirken, so wird dadurch auch dem Springen vorgebeugt, doch stellt sich, wie erwähnt, bei steigendem Sandzusatz ein Reißen ein und bei gröberem Korn ein Platzen und Ablösen von der Grundmasse. Der Sand schließt, wie jede lockere Masse Luft in sich ein, deren Menge mit Korngröße des Sandes oder Kieses zunimmt. So ergaben Versuche mit einem 23 Liter haltenden Gefäße angestellt, daß der

Luftraum bei scharfem Rheinsande rund 33 Proz. des kubischen Inhalts der ganzen Masse beträgt, bei Kies, dessen Körner von ca. 15 mm Durchmesser, wurden gefunden 38 Proz., bei 24 mm 41 Proz. und bei 40 mm 43 Proz. Dem Gewichte nach würde offenbar das Umgekehrte der Fall sein [1])!

Mit der Porosität tritt, ähnlich wie bei einem Schwamm, das Bestreben ein, flüssige Substanzen, Schlacken usw. einzusaugen, wodurch eine Zerstörung der Masse um so leichter herbeigeführt wird.

Der Sand übt, wie gesagt, noch eine beachtenswerte mechanische Wirkung aus. Ein Sandzusatz wirkt in einem im Tonschneider bewegten Gemenge „reibend und einreibend" und dient so als kräftiges Homogenisierungsmittel. Auch sagt man von ihm, der grobe Sand auf der Maschine „ersetze die Zähne", er macht, daß die Walzen überhaupt greifen.

Wird ein Gemenge von Ton und Sand nur so weit geglüht, daß eine Silikatbildung noch nicht eintritt, so gibt das zerkleinerte Gemenge ein Pulver von rundlichem Korn, das sich bekanntlich weniger innig verknetet, weniger fest brennt, als solches von kantigem Korn.

Infusorienerde[2]). — Das Mineral ist für höhere feuerfeste Zwecke wenig geeignet. Abgesehen davon, daß die Infusorienerde amorphe Kieselsäure ist und aus vielgestaltigen mit einander verfilzten Infusorienpanzern besteht oder nach neueren Forschungen dem Pflanzenreiche entstammt, verhält sich dieselbe leichtflüssiger, und kommt überhaupt unreiner vor. Sie ist außerordentlich voluminös und hält das chemisch gebundene Wasser sehr energisch zurück. Nach Versuchen des Verfassers schwand Lüneburger Infusorienerde bei za. 1000° C 3 Proz. lin. und bei 1500° C za. 22,5 Proz. lin. Ferner ist zu bemerken, daß das Material ohne vorherige Austrocknung kaum benutzbar, sowie auch schwierig fein zu mahlen und nicht siebbar ist.

Steine aus Infusorienerde brennen sich höchst porös und sind äußerst wenig wärmeleitend, spezifisch sehr leicht, aber rissig und wenig fest. Frank beugt, beiläufig bemerkt, letzterem Übelstande dadurch vor, daß er der Masse neben der zur Verkittung erforderlichen Menge von Kalk oder anderen alkalischen Erden oder Alkalien, — wodurch die Schmelzbarkeit des Ganzen um so viel mehr herabgedrückt wird — noch schwer verbrennliche organische Stoffe zusetzt.

Pyrometrische Bestimmungsweise der Quarzarten. — Auch die Quarzarten, namentlich die verschiedenen Sandsteine[3]), die in physikalischer Beziehung den Vorzug verdienen, lassen sich gewissermaßen mit chemisch reinem Quarzpulver titrieren, d. h. es läßt sich alsdann aus der Menge des

---

1) Töpferzeitung 1881, S. 290.

2) Ein bekanntes, sehr bedeutendes und ausgezeichnetes Vorkommen findet sich in der Landdrostei Lüneburg, südlich von Oberohe im Amte Ebsdorf. Ein anderes Lager ist im Großherzogtum Hessen, am Vogelsberge. Ähnliche Ablagerungen kommen vor in Angern bei Franzensbad, Isle de France, Santa Fiora in Toskana, im Kaukasus, auch besteht ein Teil des Bodens von Berlin aus dieser Erde. In neuerer Zeit hat man ferner bedeutende derartige Lager in den Vereinigten Staaten aufgefunden und dieselben ausgebeutet, unter anderen in Drakeville, New-Jersey usw. (Hannov. Gewerbebl. 1876, No. 45). Man benutzt Infusorienerde als Zusatz beim Modellieren in Ton, auch als Glasur usw. Eine eingehende Beschreibung der Infusorienerde findet sich Tonind.-Ztg. 1899, No. 132.

3) Beiläufig bemerkt, sind nach R. Keller unter den Kohlensandsteinen die härtesten auch zugleich die feuerbeständigeren, was wohl mit ihrem größeren Kieselsäuregehalt zusammenhängt.

Versatzmittels in jener Probe, welche beim Glühen eben deutliche Schmelzzeichen gibt, der pyrometrische Wert in Zahlen bestimmen [1]). Selbst sehr kleine Unterschiede, um welche es sich bei den verschiedenen reinen Quarzarten meist nur handelt, werden mittelst dieser Methode durch eine relativ große Zahl (ein Vielfaches) ausgedrückt.

Das zu prüfende, feinstens pulverisierte und gesiebte Material wird mit der 1-, 2—3fachen Menge reinen, gleichfalls feinst zerriebenen Quarz- oder Bergkrystallpulvers innigst gemengt. Auf diese Art werden 10 Proben erhalten, die man mit Wasser anmacht, Prismen daraus formt und mit dem Zusatze entsprechenden Nummern versieht. Fügt man hierzu noch eine gleiche Probe aus dem chemisch reinen Quarze, sowie (wenn auch nicht notwendig, so doch zur größeren Überzeugung) ein Prisma aus dem fraglichen Material und glüht endlich sämtliche 12 Prismen in derselben heftigen und bei genauen Bestimmungen pyrometrisch zu kontrollierenden Weißglühhitze, so ergibt sich eine Reihe von Proben, die sich je nach dem vorliegenden Material früher oder später der Probe aus dem chemisch reinen Quarze nähert. Verfolgt man die verschiedenen Proben im einzelnen, so bietet sich stets eine Probe dar, welche, wenn auch mit der reinen Quarzprobe nicht identisch zu setzen ist, doch im Vergleich zur unmittelbar vorhergehenden, derselben fast gleich erscheint.

In den Fällen, wo man es mit unreineren Sandsteinen usw. zu tun hat, charakterisiert sich diese der reinen Kieselsäure so als annähernd gleich bestimmte Probe durch das Verschwinden der Glasurrinde oder des schmelzartigen Überzuges, und diese wird als die maßgebende angenommen.

Bezeichnet man ferner die Schwerschmelzbarkeit des Quarzes mit 100 und bringt hiervon den Zusatz, resp. dessen Faktor (zum Unterschiede von der Art der Tonklassifizierung) in Abzug, so ergibt sich foldende einfache Skala. Ein Sandstein, welcher 1 Teil Quarzpulver erfordert, um dem reinen Quarze hinsichtlich seines pyrometrischen Verhaltens in der beschriebenen Weise annähernd gleich zu erscheinen, ist 100 — 1 = 99; ein geringerer Sandstein, welcher ebenso den zweifachen Zusatz erfordert, ist 100 — 2 = 98 usw. Das jedesmal notwendige innigste Mengen geschieht in der früher angegebenen Art, mittelst Durcheinanderreiben in der Achatschale, reichlichem Naßanmachen und völligem Durchkneten, Trocknen und nochmaligem Zerreiben. Selbstredend ist dabei eine größtmögliche Gleichmäßigkeit in der Ausführung zu beobachten. Der anzuwendende Hitzegrad darf nicht unter der Schmelzhitze des Schmiedeeisens liegen, ja am geeignetsten ist dessen Schmelzpunkt zu überschreiten bis zur annähernden Platin-Schmelzhitze, doch nicht so weit, daß der mit Salzsäure gereinigte Quarz, wozu allerdings eine sehr hohe Temperatur erforderlich, einen Schmelzüberzug zeigt.

Für Sandstein, Sand und kieselreiche Materialien kann zur Berechnung der Schwerschmelzbarkeit als maßgebend das Verhältnis der Flußmittel zur Kieselsäure dienen, wobei die Tonerde schlechthin auch als Flußmittel oder Schmelzmittel mit einzurechnen ist, unter Zugrundelegung gleichmäßiger Sauerstoffmengen [2]). So berechnet sich auf 100 Teile Kieselsäure an Flußmittel + Tonerde für die besten Dinas die Wertzahl 2,96 bis 3,88 und für das Rohmaterial, den Dinassandstein 1,34, während für den besten

---

1) Der Verfasser Dinglers Journal, Mai 1870.

2) cf. d. Verfasser. Vergleichende Betrachtungen über die feuerfesten Rohmaterialien der Kohlenformation in Schonen von Cronquist. (Tonindustrie-Ztg. 1879, No. 8.

deutschen Kohlensandstein von Stollberg bei Aachen die Zahl 1,39 erhalten wird. Für die reinsten Sandsorten berechnet sich noch eine wesentlich niedrigere Zahl.

Eine solche prozentuale Zusammenstellung der Schmelzmittel gegenüber der Kieselsäure gibt für kieselreiche Materialien einen Maßstab, der an leichter Ermittelung, bestimmter Übersichtlichkeit nichts zu wünschen übrig läßt. Inbetreff der pyrometrischen Bestimmung kieselreicher Materialien, wozu auch die sandhaltigen Tone gehören, möge noch kurz bemerkt werden, daß es sich hierbei darum handelt, die Temperatur oder einen Anhalt dafür anzugeben, wann dieselben sich glasieren, deformieren und formlos zusammenschmelzen. Mittelst dieser drei Angaben wird z. B. die pyrometrische Stellung eines sogenannten Klebsandes ausreichend ermittelt. Zum Schluß möge noch hinsichtlich der Schmelzbarkeit des Quarzes bemerkt werden, daß es der Firma W. C. Heraeus neuerdings gelungen ist, die Methoden zur Gewinnung des geschmolzenen Bergkristalls so weit zu vervollkommnen, daß die fabrikmäßige Herstellung von Gefäßen aus Bergkristall bereits einen begehrten Artikel bildet.

Anschließen möge sich hier eine kurze Beschreibung einer von Kosmann[1]) aufgestellten Tabelle oder Polreihe der Tonerdesilikate, welche von einer der reinen Tonerde (100 Proz.) möglichst nahe liegenden prozentualen Zusammensetzung der Tonerdesilikate ausgehend, die bestimmten und durch rationelle chemische Formeln auszudrückenden Silizierungsstufen entsprechend dem prozentualen Verhältnisse berechnet. Die Reihenfolge ist möglichst naheliegend gewählt und ergeben sich die Formeln von selbst aus den Verhältnissen der einfachen Multiplen und Aliquoten der Sättigungsstufen.

Die Reihe beginnt so mit dem Korund, Smirgel, geht dann über zu den Tonerdehydraten, Diaspor, Hydrargillit und kommt dann auf den Bauxit in seinen sehr verschiedenen Varietäten, deren niedrigste dem Drittelsilikat bereits entspricht und für welches letztere der Andalusit als typisches Glied gilt. Es folgen die dem Halb- oder Singulosilikat, wie dem Normal- oder Bisilikat entsprechenden Mineralien, sowie die zweifach und dreifach sauren Silikate (wozu die Alkalifeldspate gehören). Die höheren silizierten Verbindungen werden durch die verschiedenen Porzellanmassen repräsentiert. Die höchst silizierten Verbindungen, mit einem Kieselsäuregehalt über 90 Proz. finden sich repräsentiert in den künstlichen Dinas- und Quarzsteinen. Es folgen dann zum Schlusse die Varietäten der nur aus Kieselsäure bestehenden, aber unreineren natürlichen Mineralien bis hinauf zu der reinen und wasserfreien Kieselsäure im Quarz und Bergkristall.

Die Kosmannsche dankenswerte und in ihrer einheitlichen, wie eingehenden Behandlungsweise übersichtliche Verbindungspolreihe, welche 67 Silizierungsstufen aufführt, empfiehlt sich zur Benutzung, wenn es sich darum handelt, einer durch die chemische Analyse in ihrer prozentischen Zusammensetzung ermittelten Verbindung ohne weitere stöchiometrische Berechnung den richtigen Platz ihrer Silizierungsstufe anzuweisen.

---

1) Tonind.-Ztg. 1883, No. 32 u. 33.

c) Kohlenstoffhaltige Substanzen als Versatzmittel des Tones im allgemeinen und im besonderen.

Zu den kohlenstoffhaltigen Zusätzen, welche als gewöhnlich unschmelzbare [1]) und indifferente Körper bis auf einen allerdings wechselnden Aschengehalt, die Feuerbeständigkeit erhöhen, gehören die Kohlen im engeren Sinne, wovon hier die unten folgenden Koks und die Holzkohle in Betracht kommen, wie im weiteren Sinne hauptsächlich und in vorzüglicher Weise der chemisch verschiedene Graphit und etwa der Anthrazit und Teer.

Die Kohle spielt als Zusatzmittel zu einem feuerfesten Tone in mehrfacher Beziehung eine sehr wichtige Rolle. Sie erhöht direkt die Strengflüssigkeit des Tones, da sie eben als schwerstschmelzbarer Körper, so lange sie in einiger Menge in einem Tongemische vorhanden ist, dieses in der überraschendsten Weise vor Schmelzung schützt. Der Schutz ist um so vollkommener, in je unverbrennlicherem Zustande die Kohle durch möglichst hermetische Einbettung im Tone sich befindet. Auch in indirekter Weise [2]) ist die Kohle von günstigem Einfluß. Andererseits aber brennt sich infolge Kohlenzusatzes ein Ton lockerer, einsaugend und bei reichlicher Menge mürbe.

Als Vorzug des Graphites ist noch hervorzuheben, daß mit seiner Hilfe angefertigte Gefäße, z. B. Tiegel, wegen dessen größerer Wärmeleitung einen raschen Temperaturwechsel gut vertragen und das Metall darin eher schmilzt, endlich erhalten dadurch die Wandungen eine Glätte, welche bei dem Ausgießen geschmolzener Metalle sehr zu statten kommt.

Graphit. — Derselbe dient vornehmlich zu Schmelztiegeln für Metalle, außerdem zu Düsen und Stopfen von Bessemer-Birnen [3]).

Der Graphit ist eisengrau, glänzend, sehr weich, färbt teils stark ab und fühlt sich zwischen den Fingern schlüpfrig an. Seine Textur ist eine strahligblätterige bis dichte. Der blätterige Graphit, welcher zu unterscheiden ist von dem amorphen oder erdigen, hält sich in hoher Temperatur besser als letzterer. Der Graphit ist ein guter Leiter der Elektrizität und verbrennt bei Luftzutritt selbst in Sauerstoff schwierig.

Der Graphit wird weder durch Mineralsäuren, noch durch Chlor, noch durch alkalische Flüssigkeiten angegriffen, wohl aber seine Beimengen und absichtlichen Zusätze. Erhitzt man Graphit, der mit Salpetersäure befeuchtet ist, so bläht er sich auf. Durch Schmelzen mit Salpeter und noch energischer beim Erhitzen mit chromsaurem Kali und Schwefelsäure, die mit $^1/_5$ ihres Volumens Wasser verdünnt ist, wird der Graphit je nach der Varietät in höchst fein zer-

---

1) In dem Strome einer galvanischen Batterie von 5—600 Elementen gelingt es erst, den Kohlenstoff zu erweichen.

2) Nach Boussingault, wie schon oben zitiert, wird sogar beim heftigen Glühen von Kohle mit Kieselsäure letztere teilweise reduziert. Bei sehr hoher Temperatur verflüchtigt sich das gebildete Silizium, womit bei einem Tone eine relative Erhöhung der Schwerschmelzbarkeit eintreten würde. Durch sehr heftiges Glühen unter Umständen, bei denen die Verbrennung ausgeschlossen, läßt sich nach Versuchen des Verf. jede Kohle wesentlich unverbrennlicher machen.

3) Die sonstige Hauptverwendung des Graphites ist bekanntlich die zu Bleistiften und zur Bereitung von Schwarzgeschirr, auch Fußbodenplatten und Ziegeln. Maschinenschmiere, welche in neuerer Zeit von besonderer Bedeutung und wobei, beiläufig bemerkt, eine größtmögliche Befreiung von Quarzbeimengung Bedingung ist, zu Ofenfarbe (Potloh) und in neuester Zeit zu elektrischen Zwecken, so zu Stromabnehmern bei elektrischen Maschinen und Trockenbatterien usw.

teiltem Zustande in Kohlensäure verwandelt. Auf nassem Wege findet neben dieser Oxydation zu Kohlensäure die Bildung einer eigentümlichen, Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff enthaltenden Verbindung, der Graphitsäure, statt.

Nach Weinschenk ist der Graphit hauptsächlich ein Produkt vulkanischer Tätigkeit. Graphitbildner waren die Kohlensäure und das Kohlenoxyd, wenn dazu indirekt Metalloxyde und Titan traten[1]).

Das spezifische Gewicht des vollkommen reinen Graphits ist 2,25—2,26; seine spezifische Wärme nach Kopp = 0,174, für Hochofengraphit 0,166. Sein Wärmeleitungsvermögen ist, wie schon angedeutet, ein sehr hohes, seine Wärmekapazität ist doppelt so groß, als die des Tones.

Vor dem Lötrohr im Glaskolben erhitzt, gibt Graphit zuweilen eine ziemliche Menge Wasser ab. Im Platinlöffel über der Spiritusflamme scheint er sich wenig zu verändern, verliert aber in der Pinzette an Volumen und hinterläßt bei anhaltendem Erhitzen Asche. Detoniert im gepulvertem Zustande, wenn er mit Salpeter im Platinlöffel zum Glühen erhitzt wird und hinterläßt dann, mit Wasser ausgelaugt, erdige und metallische Beimengungen, vornehmlich Kieselsäure und Eisenoxyd.

Der Graphit[2]) findet sich stets in alt-kristallinischen Gesteinen, besonders im Gneiß, Glimmerschiefer, Urkalkstein, auch im Granit und Tonschiefer usw., mit lebhaftem wismuthähnlichen Glanze (Ceylon) oder mehr oder weniger erdig, alsdann schwarz gefärbt und von Eisenoxyd, Kupferoxyd, Schwefelantimon, Titansäure, Ton, Sand usw. verunreinigt. Auch künstlich bildet sich Graphit bei der Roheisenerzeugung als Hochofengraphit, bei der Leuchtgasbereitung als Retortengraphit, und in Sodafabriken infolge Zersetzung gewisser Cyanverbindungen und dergleichen mehr.

Von älteren Vorkommnissen sind besonders Borrowdale und Keswik in Cumberland, sowie Passau in Bayern zu erwähnen. In Borrowdale[3]) findet sich der Graphit auf Gängen im Feldsteinporphyr von ausgezeichneter Reinheit; die Grube ist aber nahezu erschöpft. Bei Cumnock in Ayrshire kommt der Graphit im Steinkohlengebirge vor. Da der Bleistiftgraphit[4]) von Borrowdale für Schmelztiegel zu teuer kommt, so bezog man in England die Graphittiegel bis vor etwa 25 Jahren aus Deutschland (Passau); seitdem aber große Mengen Graphit von der Insel Ceylon nach England importiert werden, verfertigt man jetzt daraus die Schmelztiegel (Patent Plumbago Crucible-Company zu Battersea bei London[5]).

Zu Hafner- oder Obernzell bei Passau in Bayern[6]) findet sich der Graphit

---

1) M. s. die epochemachende Schrift „Der Graphit, seine wichtigsten Vorkommnisse und seine technische Verwertung“ von Dr. E. Weinschenk, 1898. Ferner ist zu beachten das Buch „Vorkommen, Behandlung und Verwendung von Graphit“. Iron Age, New-York 1900.

2) Weger, Monographie des Graphites in den Abhandlungen der naturhistorischen Gesellschaft zu Nürnberg 1864, 3, S. 167.

3) Karstens Archiv für Mineralogie usw. 2. R. 2, S. 285; Bergwerksfreund 8, S. 127.

4) Zur Bleistiftfabrikation wird das Graphitmehl mit Ton gemischt, dessen größerere oder geringere Menge die verschiedenen Härte- oder Schwärzegrade gibt.

5) Wagners Jahresbericht. 8, 181; 10, 357; 11, 460.

6) In Deutschland ist dies das wichtigste Graphitvorkommen; er findet sich in den Landgerichtsbezirken Wegscheid und Passau im Gneiße und in der Nähe der dortigen Porzellanwerke. Er kommt daselbst massenhaft vor, doch ist er nur brauchbar, wenn das umgebende Gestein in Ton umgewandelt und in feinen Sand

in verwittertem Gneiß und Glimmerschiefer. Er ist mit erdigen Bestandteilen oft so stark verunreinigt, daß dieselben die Graphitmasse weit überwiegen. Durch sorgfältiges Schlämmen erhält man ein höchst zartes, mattes, nicht schuppiges Pulver, welches beim Reiben Glanz annimmt und beim Verbrennen nur etwa 5 Proz. Rückstand hinterläßt. Je nach der Menge und Beschaffenheit der erdigen Beimengungen und des pulverigen Zustandes des Graphites sind daraus gefertigte Graphittiegel mehr oder minder feuerbeständig. Früher hielten sie bei noch besserem und billigerem Material bis 30 Güsse aus, die minderen Sorten nur 8—10 Güsse. Seitdem man Ceylongraphit zusetzt, ist die Qualität besser geworden.

In neuerer Zeit versteht man auch den Passauer Graphit so zu reinigen und zu verbessern, daß die so bereitete beste Sorte dem Ceyloner pyrometrisch fast gleich kommt.

Die Produktion dieser Graphitraffinade ist eine sehr große. So erzeugt die Firma „Vereinigte Schmelztiegelfabriken und Graphitwerke in Obernzell bei Passau" jährlich Tausende von Zentnern.

Von ausgezeichneter Beschaffenheit, aber nur mineralogisch interessant ist der in kleinen eckigen Stücken zu Wunsiedel spärlich im Urkalkstein sich vorfindende Graphit. In Niederbayern in Germannsdorf hat man neuerdings ein 10 m tiefes und 40 m langes Graphitlager durchfahren. Die Qualität soll im zubereiteten Zustande eine vorzügliche sein, welche von den Gebr. Bessel in Dresden zur Herstellung der Graphittiegel benutzt wird (N. Töpf.-Ztg. 1881, S. 86)[1]).

Diese älteren Vorkommnisse sind bedeutend in den Hintergrund gedrängt hauptsächlich durch das erwähnte auf der Insel Ceylon. Daselbst findet sich der Graphit in Stücken von der Größe einer Nuß bis zu mehreren Centimetern Durchmesser im Gneiß. Wegen seiner großblätterigen Beschaffenheit ist er zu Bleistiften nicht verwendbar, eignet sich jedoch ganz vorzüglich zu Schmelztiegeln. Große Massen dieses Graphits[2]) werden von der genannten Londoner Patent Plumbago Crucible-Compagnie zur Tiegelfabrikation verwendet. Im Jahre 1862 wurden von Ceylon 2 044 750 kg Graphit verschifft und davon 1 736 500 kg nach England. Im Jahre 1863 hatte sich die Produktion schon auf das 2½fache gehoben.

In Sibirien[3]) hat man neuerdings reine, große und derbe Massen Graphit, besonders in den Batougalbergen Südsibiriens und im Granit der felsigen Ufer des Tunguska (Jenisey-Gouvernement) gefunden, auf welchem Fluß er nach Turuschansk transportiert wird. Als sonstige Fundorte werden noch Sernopol (Semipalatinsk-Distrikt) und Siberia angegeben. Nach Ziurek eignet sich der

---

zerfallen ist. Siehe weiteres v. Dechen, „Die nutzbaren Mineralien", S. 765, und Nürnberger Ausstellungskatalog 1882, S. 215. Ferner findet sich Graphit nach derselben Quelle im Großherzogtum Hessen, im Odenwald, in Nestern dem Quarzschiefer beigemengt, welcher im Glimmerschiefer an verschiedenen Orten auftritt. In Sachsen wird derselbe in gneißartigem Granit an verschiedenen Punkten unfern Pulsnitz und im Glimmerschiefer bei Neustadt usw. gefunden Auch gibt es Vorkommen von Graphit in den Regierungsbezirken Breslau und Liegnitz.

1) Neuere Zahlen für die Graphitproduktion in Bayern sind zu erhalten von dem k. Oberbergamt in München, welches bereitwilligst Auskunft gibt über den dortigen Graphit-, sowie auch den Tonbau.

2) Als Bezugsquelle für gute Ware wird angegeben Beneckendorf, Berger u. Co., 43 Mincing Lane, London oder Battersea Works, Church Road, Battersea London SW.

3) Berg- und Hüttenwerk-Zeitung 1860, S. 489; 1861, S. 195; 1862, S. 353. Berggeist 1869, No. 94; Dinglers Journal 179, 162.

Fundorte.		Spez. Gewicht	Flüchtige Bestandteile.	Kohlenstoff.	Asche.	Bestandteile der Asche in Proz.				
						Kieselsäure.	Tonorde.	Eisenoxyd.	Kalk, Magnesia.	Alkalien u. Verlust.
Cumberland.	Sehr schöne Probe . .	2,346	1,10	91,55	7,35	0,525	0,283	0,120	0,060	0,012
	Gewöhnliche Sorte . .	2,238	3,10	80,85	16,05	—	—	—	—	—
	In Stücken aus dem Handel bezogen . . .	2,586	2,62	84,38	13,00	0,620	0,250	0,100	0,026	0,004
	Pulverförmig, dito . .	2,409	6,10	78,10	15,80	0,585	0,305	0,075	0,035	—
Bayern.	Passau	2,303	7,30	81,08	11,62	0,537	0,356	0,068	0,017	0,022
	Desgleichen	2,311	4,20	73,65	22,15	0,695	0,211	0,055	0,020	0,019
Österreich.	Mugrau in Böhmen .	2,120	4,10	91,05	4,85	0,618	0,285	0,080	0,007	0,010
	Desgleichen	2,228	2,85	90,85	6,30	—	—	—	—	—
	Von Hoback in Prag	2,331	2,07	82,68	15,25	—	—	—	—	—
	Schwarzbach i. Böhm.	2,344	1,05	88,05	10,90	0,620	0,285	0,063	0,015	0,017
	Altstadt in Mähren .	2,327	1,17	87,58	11,25	—	—	—	—	—
	Zaptau in Niederöstr.	2,218	2,20	90,63	7,17	0,550	0,300	0,143	0,000	0,007
Ceylon.	Krystallisiert	2,350	5,10	79,40	15,50	—	—	—	—	—
	Aus dem Handel bez.	2,266	5,20	68.30	26.50	0,503	0,415	0,082	0,000	0,000
Sibirien.	Aus dem Uralgebirge Mont Alibert	2,176	0,72	94,03	5,25	0,642	0,247	0,100	0,008	0,003
Amerika.	Von Ceara in Brasilien	2,387	2,55	77,15	20,30	0,790	0,117	0,078	0,015	—
	Von Buckingham in Canada	2,286	1,82	78,48	19,70	0,650	0,251	0,062	0,005	0,012
Australien.	Vom Spencer-Golf in Südaustralien	2,370	2,15	25,75	72,10	—	—	—	—	—
	Desgleichen	2,285	3,00	50,80	46,20	0,631	0,285	0,045	—	0,039
Frankreich.	Von Pissie, Hautes Alpes	2,457	3,20	59,67	37,13	0,069	0,687	0,081	0,015	0,009
	Desgleichen	2,328	2,17	72,68	25,15	—	—	—	—	—
	Von Brussin i. Rhônedepartement	2,203	0,28	92,00	7,72	—	—	—	—	—
	Von St. Paule i. Rhônedepartement	2,366	0,17	92.50	7,33	—	—	—	—	—
	Desgleichen	2,366	0,14	93,21	6,65	—	—	—	—	—
	Von Baugnesay im Rhônedepartement .	2,105	0,13	94,30	5,57	—	—	—	—	—
Schweden.	Von Fargerita	2,109	1,55	87,65	10,80	0,586	0,315	0,072	0,005	0,022
Madagaskar		2,409	5,18	70,69	24,13	0,596	0,596	0,068	0,012	0,006

Graphitähnliche Produkte.

		Spez. Gewicht	Flüchtige Bestandteile.	Kohlenstoff.	Asche.	Kieselsäure.	Tonorde.	Eisenoxyd.	Kalk, Magnesia.	Alkalien u. Verlust.
Hochofen-Graphit.	**Von Creusot . . . . .**	**2,582**	**—**	**90,80**	**9,20**	**0,225**	**0,175**	**0,375**	**0,255**	**0,005**
	Desgleichen	**2,398**	**0,30**	**81,90**	**17,80**	**0,425**	**0,090**	**0,080**	**0,405**	**—**
	Von Givors	**2,457**	**—**	**84,70**	**15,30**	**0,559**	**0,155**	**0,120**	**0,155**	**0,001**
	Von Vienne	**2,583**	**0,15**	**88,30**	**11,55**	**—**	**—**	**—**	**—**	**0,000**
	Von Terrenoire . . .	**2,431**	**–**	**83,50**	**16,50**	**0,500**	**0,160**	**0,105**	**0,200**	**0,035**
Gas-Retorten-Graphit.	**a. . . . .**	**1,885**	**0,25**	**95,25**	**4,50**	**0,720**	**0,243**	**0,030**	**0,000**	**0,007**
	b.	**1,698**	**0,10**	**90,60**	**9,30**	**0,648**	**0,330**	**0,020**	**0,000**	**0,002**
Anthrazit-Graphit, durch Kalzinieren von Anthrazit erhalten		**1,701**	**1,15**	**95,05**	**3,80**	**0,703**	**0,277**	**0,012**	**0,003**	**—**

sehr dichte sibirische Graphit mit 5—6 Proz. Asche in gleicher Weise wie der Ceylonsche zu Schmelztiegeln, übertrifft aber den Cumberländer und sehr weit den Passauer Rohgraphit. Graphit in Rußland kommt namentlich in den tunkinskischen Bergen vor und wird in der Maryinsker Graphitzeche gewonnen, worunter die reinsten Qualitäten 89—97 Proz. Kohlenstoff haben,

Neuere Graphit-

	Kohlenstoff	Asche	Wasser	Kieselsäure	Tonerde	Eisenoxyd
Bayern, Ranzig b. Passau	62,00	—	—	26,4	25,1	6,5
Österreich, Krumau in Böhmen	72,40	—	—	8,78	5,73	1,91
Ebendaher a	61,01	—	3,24	17,34	7,80	5,54
" b	69,04	—	2,89	14,18	6,86	4,00
" c	43,24	—	6,66	25,76	8,13	7,01
Schwarzbach in Böhmen	87,50	—	—	5,1	6,1	1,2
" " "	87,60	11,31	1,09	—	—	—
Hafnerluden in Mähren	43,00	—	—	49,2	7,0	0,5
Mugrau in Böhmen I Raff.	96,13	2,61	1,27	—	—	—
" " " II "	84,39	15,19	0,42	—	—	—
Rastbach	66,4	32,9	0,7	—	—	—
St. Lorenz in Steiermark	54,8	45,2	—	—	—	—
St. Michael b. Leoben	66,1	31,12	2,0	—	—	—
Müglitz in Mähren	44,4	53,2	2,4	—	—	—
" " "	59,4	39,9	0,70	—	—	—
Gr. Tresny in Böhmen	28,52	44—67	1,15—1,83	—	—	—
Ceylon	62,80	—	—	21,6	9,3	5,4

Im Mittel berechnet sich aus vorstehenden verschieden vollständigen Analysen bei:

Graphit 33 Proben	Graphit 52 Proben	Graphit 44 Proben
2,10 Prozent spezif. Gewicht.	76,08 Prozent Kohlenstoff.	18,81 Prozent Asche.

während der Kohlenstoffgehalt überhaupt nicht unter 83 Proz. herabgeht. Ferner wird Graphit an den Flüssen Niznaja-Tunguzka und Kurejka im Kreise Turuchansk des Gouvernements Jenisejsk gefördert, der sehr rein ist (89—94 Proz. Kohlenstoff). (Ziegel u. Zement 1896, No. 7.)

Wegen seiner Festigkeit ist der sibirische Graphit schwer zu reinigen und kostet verhältnismäßig viel Fracht. Österreich-Ungarn besitzt einen großen Reichtum an zum Teil gesuchten Graphitsorten, so bei Schwarzbach und Mugrau in Böhmen, an mehreren Orten in Mähren, Niederösterreich und Steiermark [1]). Geschätzt wird der Graphit von Krumau in Böhmen [2]), welcher

1) In Steiermark wird ein Graphit für Stahlschmelztiegel benutzt, welcher folgende Zusammensetzung hat:

Kohlenstoff	77,95	Proz.
Kieselsäure	13,04	"
Tonerde	6,12	"
Eisenoxyd	0,44	"
Kali	0,43	"
Phosphorsäure	0,012	"
Wasser	1,95	"
Schwefel	Spur	
	99,942	

Notizblatt 1895.

2) Österreich. Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen 1865, No. 51; 1866. No. 18. Robock, Böhmens Graphit, Prag 1865. Österreichischer Bericht über die Pariser Ausstellung von 1867, No. 15, S. 249. Inbetreff einer Zusammen-

Analysen.

Eisen-oxydul	Kalk-erde	Magne-sia	Kali	Natron	Schwe-felsäure	Schwe-felkies	Bemerkungen
—	—	—	—	—	—	—	
1,29	0,05	0,21	1,22	0,3	1,58	3,75	
—	2,56	1,03	0,87	—	—	0,51	Nach Analyse d. Verfassers. a) zu
—	0,80	0,53	0,91	—	—	0,62	Gußstahltiegel i. d. Fabr. v. Krupp.
4,32	2,40	1,74	1,04	—	—	0,00	b) nicht bewährt. c) Raffinade.
—	0,1	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	Prima Naturware.
—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	Beim Mugrauer Graphit ist der Koh-
—	—	—	—	—	—	—	lenstoffgehalt recht wechselnd und
—	—	—	—	—	—	—	sinkt bis auf 25,85 Proz. herab.
—	—	—	—	—	—	—	cf. Sprechsaal 1890, No. 32.
—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	Nach Analyse d. geolog. Reichsan-
—	—	—	—	—	—	—	stalt in Wien.
—	0,2	0,1	—	1,2	—	—	

hauptsächlich in krystallinischem Schiefer des Urgebirges sich findet. Von milder Beschaffenheit, kommt er teils als Naturgraphit in drei Sorten, teils als Raffinade (geschlämmte Abfälle in den Handel, und zwar jährlich an 2 800 000 kg. Der mährische Graphit, z. B. von Petrow, ist hart und schieferig und muß vorherr gepocht und geschlämmt werden; die jährliche Produktion beträgt an 1 120 000 kg. Nach v. Hauer gleicht der niederösterreichische Graphit [1]), z. B. der von Lichtenau, in den meisten Sorten dem besten böhmischen Graphit und läßt sich durch Schmelzen mit Soda und Auslaugen mit Wasser und Salzsäure wesentlich reinigen, weniger durch Schlämmen.

Der Graphit von Rottenmann in Obersteiermark, der einen hohen Kohlenstoff- und geringen Aschegehalt [2]) hat, wird zur Tiegelfabrikation empfohlen. Österreich-Ungarn produzierte im Jahre 1865 an 7 486 000 kg Graphit.

Portugiesischer Graphit enthält nach Knoblauch bei 100 ° C getrocknet 42,69 Kohlenstoff, 53,35 unverbrennliche Substanz und 3,96 gebundenes Wasser. Die unverbrennliche Substanz ergab 42,41 Eisenoxyd und Tonerde, 10,21 Kieselsäure und 0,73 Kalkerde.

Ein sehr guter Graphit wird bei Arragoe de Bareiras, Provinz Minas Geraes in Brasilien, desgleichen zu Ticonderoga im Staate New-York und in Californien [3]) gefunden.

Die großartigste und wichtigste Lagerstätte ist die „Eureka Black Lead Mine" bei Sonora, der Hauptstadt von Tuolmaine County. Sie liegt an der Westseite des Tenessee Gulch, eines Nebenflusses des Wood's Creek, etwa

---

stellung der österreichischen und bayerischen Graphitwerke von André s. m. Tonindustrie-Zeitung 1890, No. 43.

1) Berggeist 1866, No. 14; Dinglers Journal 180, 323. Wochenschrift des Niederösterreichischen Gewerbevereins 1866, No. 14. Graphit aus Lichtenau, im Schemnitzer und Leobener Jahrbuch 1867, 17.

2) Dinglers Journal 199, 115.

3) Wagners Jahresbericht 1868, S. 267.

68 Meilen von Stockton, dem bedeutendsten Schifffahrtsplatz am San Joaquim River, entfernt. Das Mineral bildet hier einen Gang von 7—10 m Mächtigkeit; sein Liegendes besteht aus Diorit, sein Hangendes aus Tonschiefer. Dasselbe ist so rein, daß es zum größten Teil in festen Blöcken gebrochen und ohne weitere Behandlung verpackt wird.

Im Jahre 1868 wurden monatlich 20,000 Zentner gewonnen, ohne daß der Bau in größtmöglicher Ausdehnung betrieben wäre. Ferner wird ein Graphitvorkommen in Pennsylvanien angegeben, wo derselbe in Pickering Valley an zwei Punkten gewonnen wird (Polyt. Review 1877, No. 18).

Die bedeutendste Graphitgewinnung in Amerika (die Mineralschätze der Vereinigten Staaten, United States Geological Survey) ist in Ticonderoga (N. Y.), wo man ein gewissermaßen unerschöpfliches Lager abbaut. Ferner bestehen Werke in Georgien und Californien. Ein sehr reiches Ausstellungsobjekt auf der Chicagoer Ausstellung 1893 der Walker Mining Co., Ottawa, Canada, sei noch erwähnt, welches Graphite in allen Stadien der Bearbeitung und des Handels enthielt [1]). Man siehe weiter „Die Graphitproduktion der Vereinigten Staaten von Amerika im Jahre 1901".

Méne [2]) hat nachstehende Zusammenstellung von Graphitanalysen gegeben, denen einige — fast nur österreichische — in neuerer Zeit bekannt gewordene hinzugefügt wurden (S. 269—271).

Reinigung. — Eine Reinigung des Graphits kann sowohl auf mechanischem Wege, wie erwähnt, durch Schlämmen, als noch vollständiger auf chemischem Wege geschehen. Einige Graphite lassen sich durch Schlämmen wesentlich verbessern, resp. von den Beimengungen ansehnlich befreien, wie das z. B. in Californien im großen Maßstabe in 6,3 m weiten und 0,94 m tiefen Kufen mit Röhrenvorrichtung ausgeführt wird. Der abgeschiedene Graphit wird in eine zweite Kufe abgelassen, hier vollständig unter Zufluß von Wasser gereinigt, in flache Kästen übergeschlämmt oder übergeschwemmt und an der Sonne getrocknet [3]).

Bei rationeller Ausbeutung von Graphitlagern ist in der Grube die genaue Ausscheidung der fetteren und mageren Graphitschichten notwendig. Nachdem dies geschehen, wird die fettere Masse geschlämmt und so in verschiedene Sorten geschieden. Die zuerst übergehende feinste Sorte wird zu Schmelztiegeln und zu Bleistiften, die zweite und dritte zu den gewöhnlicheren Zwecken verwendet.

Andere Graphite von Brunn-Taubitz bei Krems in Niederösterreich sind durch Schlämmen nicht besser zu machen. Folgende chemische Mittel werden alsdann angewendet.

Durch bloßes Glühen des Graphites in einer Retorte bei Rotglühhitze gehen Eisenoxyd in Metall und schwefelsaure Salze in Schwefelmetall über, welche sich mittelst Salzsäure ausziehen lassen. Löwe [4]) glüht mit der doppelten Menge kohlensaurem Kalinatron oder Kalihydrat, zieht die gebildeten Alkalisalze, namentlich das kieselsaure Kali mit kochendem Wasser aus, digeriert den Rückstand mit verdünnter Salpetersäure oder starker Salzsäure, filtriert, süßt aus und trocknet. Durch dreimalige Wiederholung dieser Opera-

---

1) Tonind.-Ztg. 1893. Nr. 29.
2) Dinglers Journal 185, S. 373.
3) Gintes Verfahren, Dinglers Journal 189, 234.
4) Polytechn. Centralbl. 1855, S. 1404.

tionen erhielt Gottschalk[1]), wie angegeben wird, aus einem Graphit mit 11 Proz. Asche ein aschefreies Produkt. Brodie[2]) stellte durch Kochen des Graphites mit Säuren und Schmelzen mit Kalihydrat ein 99,96 Proz. Kohlenstoff enthaltendes Produkt dar. Winkler[3]) glüht den feingepulverten Graphit mit der gleichen bis doppelten Menge von Soda und Schwefel, kocht die Masse mit Wasser, wäscht aus, behandelt den Rückstand mit verdünnter Salzsäure, wäscht mit Wasser, dann mit Salmiaklösung aus, um das Absetzen des sehr feinen Graphits zu beschleunigen, kocht mit wenig Natronlauge, wäscht wiederum aus, trocknet und glüht gelinde. Schöffel [4]) erhält ein sehr reines Produkt durch Behandeln des Graphits mit Salzsäure, Aetznatron, Glühen mit Soda und Auswaschen. Nach Stingl gelingt die vollständige Befreiung des Graphits von seinen Aschebestandteilen nur, wenn man den Graphit sehr fein zerkleinert und die Operation mit schmelzendem Alkali, Königswasser und Flußsäure wiederholt. Auch hat man andere Mittel versucht[5])

Diese chemischen Operationen zur Reinigung des Graphits sind zur Darstellung von Bleistiftmaterial oder zu medizinischen Zwecken schon länger in Gebrauch, wobei nach dem Verfahren von Brodie ein absolut reines Produkt wie zugleich höchst feines, unfühlbares Pulver gewonnen wird. Jetzt reinigt man auch für Tiegel, so in England, wie auch vereinzelt bei uns den verwendeten Graphit vornehmlich durch Behandeln mit Säure.

Wertbestimmung des Graphits[6]). — Bisher galt zur Ermittlung des relativen Wertes der mehr oder weniger unreinen Graphite, welche im Gegensatz zu den nahezu reinen, krystallisierten, zur Bleistiftfabrikation dienenden, vornehmlich in der Pyrotechnik Verwendung finden, die Höhe des Kohlegehaltes fast einzig als entscheidend. Eine solche Bestimmung hat praktisch nur insofern Wert, als der Kohlenstoff den eigentlichen gesuchten Bestandteil, in diesem für Metallschmelztiegel so unersetzlichen Naturprodukte, ausmacht und dessen Menge unter ein bestimmtes Minimum nicht herabsinken darf.

So bilden denn die Wertermittlungen der Graphite die Methoden zur Kohlenstoffbestimmung, und zwar hat man dabei den praktischen Gesichtspunkt einer leichten und schnellen Ausführbarkeit (im Vergleich mit der wissenschaftlichen Bestimmungsweise der organischen Elementaranalyse durch Verbrennung oder der Bestimmung mittelst Chromsäure) beobachtet. H. Schwarz[7]) empfiehlt zu dem Zwecke, daß man die abgewogene Menge Graphit mit überschüssigem Bleioxyd in gut bedecktem Tiegel glühe und aus dem erhaltenen Bleiregulus den Gehalt an reinem Graphit berechne. Dieselbe Methode mittelst Bleiglätte findet sich in Dinglers Journal 216, 45 von

---

1) Erdmanns Journal 95, 326.

2) Ann. d. Chem. u. Pharm. 114, 7. Wagners Jahresbericht 11, 275. — Brodie ist es bei Anwendung von Kaliumchlorat, Schwefelsäure und zuletzt Fluornatrium gelungen, absolut reinen Graphit zu gewinnen. Hofmann, Wiener Weltausstellung 1873, S. 256.

3) cf. Dinglers Journal 182, 405.

4) Zeitschrift d. k. k. geolog. Reichsanstalt zu Wien. 1866, Heft 1, S. 126.

5) So soll sich nach einem Patente (No. 429, 2. Juli 1877, Klasse 22) der Gebrüder Bessel in Dresden der rohe Graphit durch ein Zusetzen einer geringen Menge von Fetten, Oelen, Harzen usw. und darauf folgendes Kochen der Mischung reinigen lassen.

6) Der Verf. Dinglers Journal 204, S. 139 und weiterhin.

7) Dinglers Journal 1864, 171, S. 77.

Wittstein ausgeführt. Er bestimmt die dem Kohlenstoff beigemengten Bestandteile oder auch diesen zugleich mittelst einer einzigen Analyse durch Schmelzen mit kohlensauren Alkalien unter Zusatz von Alkalihydrat. Gintl[1]), welcher die nach diesem Verfahren gewonnenen Resultate zu schwankend fand und im allgemeinen zu hoch, da Eisen und Silizium gleichzeitig reduzierend auf das Bleioxyd wirken, auch alles Blei nicht immer zu einem einzigen Regulus zusammenfließe, hat zwei andere Methoden empfohlen. Er führt den Kohlenstoff der fraglichen Graphitsorten in Kohlensäure über und bestimmt diese aus dem Verluste entweder direkt oder indireckt. Im ersten Falle schmilzt Gintl den Graphit in einem abgewogenen Glasröhrchen mit Bleioxyd, im letzten mit Salpeter in einem Tiegel. Als beste Methode zur Kohlenstoffbestimmung bezeichnet Gintl neuerdings die mittelst der Elementaranalyse. Stolba[2]), der die einfachste Methode befolgte, verbrennt den Graphit an der Luft, wobei nur die unerläßliche Bedingung zu beobachten ist, daß das Verbrennen bei größtmöglicher Erhitzung und zuletzt besser unter Zuführung von Sauerstoff geschehe. „Der fein zerteilte, entwässerte und gewogene Graphit wird in einem Platintiegel der stärksten Hitze einer Bunsenschen Gaslampe ausgesetzt und der durchbohrte Deckel auf dem geneigten Tiegel so angebracht, daß ein lebhafter Luftzug im Tiegel entsteht. Wird dabei die Oberfläche des Graphits zeitweilig durch Rühren mit einem mäßig dicken Platindraht erneuert, so reichen 3—4 Stunden zur völligen Einäscherung von $^1/_2$ g Graphit hin."

Stolba macht darauf aufmerksam, daß hierbei der Kohlenstoffgehalt um ein weniges höher ausfällt, als er wirklich ist, weil manche im Graphit enthaltenen Silikate die letzten Wasseranteile nur bei sehr anhaltendem Glühen abgeben und ferner namentlich die schuppigen Graphitsorten Glimmer enthalten, welcher wegen seines Fluorgehaltes beim Glühen etwas Fluorkiesel entwickelt. Nach Gintl ist diese Fehlerquelle nicht unbedeutend. Wenn die Graphite kohlensauren Kalk, Schwefeleisen und Eisenoxydhydrat enthalten, so ist hierauf bei der Bestimmung Rücksicht zu nehmen.

Diese Methode hat, wie schon Stolba sagt, das Angenehme, daß die Mineralstoffe in einer Form zurückbleiben, welche ihre allseitige Untersuchung ermöglicht, was um so wichtiger, da die Beschaffenheit der Beimengungen oder Einschlüsse fremder Mineralien des Graphits für manche Zwecke die Anwendung desselben entscheidet. Gibt es doch Graphite, die bei einem verhältnismäßig hohen Kohlenstoff- und anderseits geringem Flußmittelgehalte dennoch, z. B. zu Gußstahltiegeln, unbrauchbar sind. Worauf es daher ankommt, möge in kurzer Zusammenstellung angeführt werden. Entweder ist die Qualität des Kohlenstoffs oder die der akzessorischen Bestandteile, deren Beziehung untereinander oder die Qualität beider zusammen zu ermitteln. Selbstredend verlieren bei sehr beträchtlichem Kohlenstoffgehalte oder wenn die Beimengungen verschwindend klein sind, die akzessorischen Bestandteile an Bedeutung und tritt alsdann die Qualität des Kohlenstoffs um so mehr in den Vordergrund.

Die Beschaffenheit der graphitischen Kohle, deren amorphe, erdige oder blätterige Struktur[3]), deren größere oder geringere wesentlich ver-

---

1) Dinglers Journal 1868, 189, S. 234.

2) Ebenda. 1870, 198, S. 213.

3) Szombathy beobachtete in einem sibirischen Graphit eine deutliche Zellenstruktur. Verh. d. k. k. geolog. Reichsanstalt Wien I, 1877.

schiedene Verbrennlichkeit, spielt eine den Wert bestimmende Rolle. Scheiden doch in der Praxis Farbe und Deckkraft die Graphite in amorphe und blätterige, welche erstgenannte als Färbemittel weit vorzuziehen sind, während die blätterigen, weil dichter, länger dem Feuer widerstehen, auch infolge der Blättchenstruktur das Reissen der Tiegel beschränken und die Unempfindlichkeit gegen Temperaturwechsel erhöhen. Nach G. Rose (Pogg. Ann. 148, 497) ist, was sich auf das Experiment bringen läßt, der blätterige Graphit bei weitem schwieriger verbrennlich als der dichte (amorphe). Nach Rammelsberg (Berl. Ber. 6, 187) verbrennen gewisse Graphite auf schmelzendem Salpeter, andere werden aber nicht angegriffen.

Wert der chemischen Analyse des Graphits. — Die genaue chemische Analyse gewährt bei gleichartigen Graphiten einen festen Anhalt und sichere Führung; bei ungleichartigen ist auf die Beschaffenheit der Kohle besonders zu achten. In der Praxis begnügt man sich gewöhnlich, wie erwähnt, einfach mit der bloßen Aschenbestimmung, welche aber nur etwa bei derselben Graphitsorte einen gewissen Maßstab bietet. Wenn die Analyse sowohl bei ein und derselben wie verschiedenen Graphitsorten gleichkommende, sich kompensierende Werte nachweist, so ist als praktisches Kriterium die nachfolgende pyrometrische Bestimmung zu Rate zu ziehen.

Pyrometrische Bestimmung der Graphite nach dem Verf.[1]). — Am unverkennbarsten ist das verschiedene pyrometrische Verhalten der natürlichen Graphite nachzuweisen, wenn man sie mit chemisch reiner Kieselsäure versetzt, und zwar in dem günstigst ausprobierten Verhältnisse: auf 100 Gewichtsteile Kieselsäure 30 Teile des bei 100° C getrockneten Graphits. Die abgewogenen feinst pulverisierten Gemengteile werden erst trocken und dann im breiartigen Zustande reichlich durcheinandergemengt, dann getrocknet und nochmals zerrieben, daraus Proben in Gestalt kleiner Zylinder geformt und diese geglüht. Dazu genügt die Gußstahlschmelzhitze oder genauer eine Temperatur, in welcher eine Zylinderprobe des untersten Normaltones tropfenförmig schmilzt. Die Bestimmung ist alsdann eine recht evidente, denn bei einem höheren Hitzegrad, in welchem die Proben bereis völlig zusammenschmelzen, werden etwaige Unterschiede verwischt. Als Anhaltspunkte bedient man sich bei dieser Bestimmungsweise in ganz gleicher Weise hergestellter Mischungen der Kieselsäure mit dem besten Ceyloner und dem ausgesuchten Passauer Graphit, beide im natürlichen Zustande. Die so bereiteten und auf derselben Scheibe festgeklebten und aufgestellten Normalpröbchen werden alsdann gleichzeitig auf derselben Scheibe mit dem ebenso zu prüfenden und versetzten Graphiten geglüht. Will man noch weiter gehen, so kann man statt der natürlichen Graphite die in neuester Zeit hoch gereinigten Graphite nehmen, um auch Unterschiede unter diesen nachzuweisen. Bei erdigen Graphiten ist es zweckdienlich, dem stärkeren Glühen ein vorheriges schwächeres, aber längeres vorausgehen zu lassen.

Analytische und pyrometrische Bestimmung. — Die Ausführung beider Untersuchungen, der analytischen wie pyrometrischen, empfiehlt sich wegen der schließlichen stetigen Kontrolle, wenn auch nicht immer beide unbedingt erforderlich sind. Eine Übereinstimmung zwischen dem analytischen und pyrometrischen Resultat bildet die Probe der Richtigkeit, wie ein

1) C. Bischof, analyt. u. pyrom. Wertbestimmung der Graphite. Dinglers Journal Bd. 204, S. 139.

Nichtübereinstimmen auf einen jedenfalls in der einen oder anderen Weise begangenen Beobachtungsfehler schließen läßt.

Koks, Anthracit und Holzkohle. — Diese oben erwähnten Kohlenarten wendet man, aber in geringerer Menge, statt des Graphits als Versatzmittel für Ton an. Anthracit, hierauf Koks und noch mehr die Holzkohle sind ja bedeutend leichter entzündlich und verbrennlich als der Graphit, doch so lange dieselben, begünstigt durch die Toneinhüllung, sich unverbrannt erhalten, erhöhen sie die Feuerbeständigkeit des Tones und wirken namentlich dem Springen entgegen. Man stellt damit Gußstahlschmelztiegel usw. dar. In größerer Menge zugesetzt, machen sie, wie gesagt, den Ton porös, weniger fest und spezifisch leicht. Die Holzkohle hinterläßt eine mehr alkalihaltige, hingegen Anthracit und Koks eine an Erden reiche Asche. Auch fertigt man die unten weiter besprochenen Kohlensteine aus Kokspulver an.

Teer. — Derselbe verteilt sich mit Leichtigkeit gleichmäßig im Ton, brennt alsbald heraus und hinterläßt keine kalihaltige Asche, was für poröse feuerfeste Massen beachtenswert ist. Auch benutzt man ihn zum sogenannten Karbonisieren (Dämpfen von Tonwaren), wodurch bei feuerfesten Ziegeln, feuerfestem Ton und Schmelztiegeln für metallurgische Zwecke die Feuerbeständigkeit eine Erhöhung erfahren kann. Ferner dient der Teer zur Vermehrung der Plastizität des Tones oder einer Tonmasse und als Bindemittel für Kohle, Magnesia und Chromit usw.

d. Bauxit[1]) oder Wocheinit.

Dieses bis jetzt nur an verhältnismäßig wenigen Punkten aufgefundene, hoch bis höchst basische und oft recht beträchtlich eisenhaltige Aluminiumsilikat, hat seinen Namen nach der ersten Fundstelle bei Les Beaux, Departement der Bouches du Rhône im südlichen Frankreich und nach der späteren in der Wochein in Krain erhalten. Man kann das Mineral ansehen als einen hinsichtlich der Hauptbestandteile umgekehrten Ton. Nach Hofmann[2]) bildet der Bauxit ein Bindeglied zwischen Diaspor und Brauneisenstein von wechselnder Zusammensetzung, Tonerdehydrat mit Eisenoxydhydrat.

Benutzt wird das Material namentlich zur Herstellung reiner Tonerde, von Tonerdesalzen[3]) zu feuerfesten Zwecken (als basisches und neutrales Material für feuerfeste Steine oder zur Auskleidung von Öfen usw.), in Eisenwerken, zur Aluminiumgewinnung und auch in der Zuckerindustrie (zur Klärung der Zuckermelasse).

Außer an der älteren und bis jetzt in Europa bedeutensten Fundstätte fand man den Bauxit in neuerer Zeit in bedeutenden Lagern von der Nordgrenze des Departements Hérault bis zum Meere des oberen Terrains, besonders ist es Valle-Verac, ein kleiner Landstrich bei Paulhau, wo die Ausbeutung stattfindet. Bauxit findet sich auch im Departement der Charente und ein sehr reiner im Departement Gard. Einige Lager haben eine Mächtigkeit von 20 bis 30 m. Nach Wedding soll das Vorkommen bei Baux als gangartige

---

1) Wir behalten die alte Schreibweise des Wortes bei.

2) Hofmann, Bericht über die Entwicklung der chemischen Industrie. (Wien. Weltausstellung, 1875, S. 619). Man s. weiter H. Lienan, Elektrochem. Z. 9, 101—5.

3) Nach einem engl. Patent 22265 läßt sich zur Gewinnung reiner Tonerde der Bauxit, welcher mehr oder weniger schwer durch Säuren angegriffen wird, durch mäßige Erhitzung mit einem Sulfit leicht aufschließen. Chemiker-Ztg. 1900, No. 17.

Ausfüllungsmasse die Kreideschichten auf eine Länge von fast 2 Meilen durchsetzen.

In Österreich wurde Bauxit an mehreren Orten gefunden, zuerst in Krain, wo er jedoch bis vor nicht allzu langer Zeit für ein besonderes Mineral gehalten wurde. Die erste Auffindung geschah im Nordosten der Provinz in einem Tale an einem Nebenflusse der Sau. Die umgebenden Berge bestehen aus Kalk. Das Bauxitlager zieht sich in der Mitte des Tales hin und hat eine Stärke von 4 m bei dem Zusammentreffen der triassischen und jurassischen Kalke. Der kompakte Bauxit hat das Ansehen von grauem Ton, an anderen Orten wird er gelb bis rotbraun infolge von Eisenoxydbeimengungen. Die besten Proben haben 64 Proz. Tonerde, die gelben Arten 58 Proz. mit 8—9 Proz. Eisenoxyd, während die dunkelbraunen 10—30 Proz. Eisenoxyd und 12—15 Proz. Kieselsäure enthalten. Der Bauxit hat ein spezifisches Gewicht von 2,55. Neuere Analysen ergeben als Zusammensetzung: 67,6—51,4 Proz. Tonerde, 0,7 bis 19,3 Proz. Eisenoxyd, 5,9—14,4 Proz. Kieselsäure, Spuren von Mangan, Kalk, Magnesia, Titansäure und 23,1—12,2 Proz. Wasser. Ein anderes Lager findet sich in Steiermark bei Prichowa, am nördlichen Ausläufer des Dobrolberges. Dieses liegt offen zu Tage und wird gebildet aus Anhäufungen, die stark mit Ton und sandigen Tonen durchsetzt sind, welche auf mesozoischen Kalken auflagern. Zuerst wurden diese braunen Knoten für Eisenerz gehalten, erwiesen sich später aber als ein Gemisch von Bauxit und Ton. Das spezifische Gewicht dieses tonigen Bauxits beträgt 3,06. Analysen ergaben: 58,6 Proz. Tonerde, 18,7 Proz Eisenoxyd, 11 Proz. Kieselsäure, der Rest ist Wasser. Bis jetzt sind große Mengen aus diesen Lagern nicht entnommen worden. Tonind.-Ztg. 1898, Nr. 95.)

In der Wochein bildet der Bauxit nach Fr. von Hauer ein ausgedehntes Lager zwischen Trias und Juragesteinen. Schon länger wird der Bauxit in Irland gewonnen bei Belfast und Antrim. Ferner in Calabrien, in neuester Zeit im Zentral-Apennin als Einlagerung in der Kreide. (Tonindustrie-Ztg. 1903, Nr. 116) und außerhalb Europa am Senegal, in Amerika (s. unten) und anderwärts. In Deutschland wurde der Bauxit erst in jüngster Zeit vom Verfasser in Hessen-Nassau entdeckt[1]).

Nach Percy-Wedding erscheint der Bauxit bei Antrim in Irland lagerartig im Basalt, auch das deutsche Vorkommen findet sich ebenfalls in Begleitung von Basalt, auf dem Westerwald im Ton eingebettet und am Vogelsberg nesterweise und tritt daselbst das Mineral in einzelnen zerstreuten, mitunter massenhaft in flachen oder kugeligen, wenig harten Rollstücken in der Ackererde zu Tage.

Der deutsche Bauxit ist von hellgrauer bis ziemlich weißer (selten), grauer, gelblicher, roter und brauner Farbe mit dazwischenliegenden Nuancen. Auch erscheinen die Stücke punktiert. Die Färbung ist durch den Eisengehalt bedingt, welcher bedeutend wechselt, je nach dem Vorkommen und der Lagerung und selbst den der Tonerde zuweilen überwiegt.

In pyrometrischer Beziehung verhalten sich die reineren, wobei auf einen geringen Gehalt an Eisenoxyd wie Kieselsäure zu sehen ist, Varietäten hoch bis höchst schwerschmelzbar und sind daher, abgesehen von sonstigen Bedenken imstande, ein Mittel abzugeben, die Tonerdemenge anderer feuerfesten Tone und damit die Schwerschmelzbarkeit wesentlich zu erhöhen.

---

1) M. s. d. Verfasser. Erstes Bauxitvorkommen im Deutschen Reiche, Notizblatt 1877, S. 309.

Andererseits schwindet der Bauxit beim Glühen und zwar erst in hochgesteigerter Temperatur sehr beträchtlich, weshalb sich beim Brennen einer bauxitischen Masse, wenn dieselbe nicht vorher auf das heftigste vorgeglüht ist, zahlreiche Schwindungsrisse als großer Übelstand einstellen.

Die bedeutendste Gewinnung von Bauxit findet bis jetzt in Frankreich statt. Im Jahre 1901 betrug die Gesamtproduktion ca. 70 000 t., welche Zahl eher größer als kleiner anzunehmen ist. Man unterscheidet daselbst zwei Hauptsorten, den weißen und den roten Bauxit, wovon ersterer mit einem durchschnittlichen Tonerdegehalt von 56—75 Proz. und 1—3 Proz. Eisenoxyd zur Verarbeitung auf schwefelsaure Tonerde und Aufbesserung von Tonen in der Schamotte- und Zementindustrie dient. Der rote Bauxit mit einem Tonerdegehalt von 60—68 Proz. und 12—16 Proz. Eisenoxyd findet ausschließlich Verwendung zur Darstellung von Tonerdehydrat. (Tonind.-Ztg. 1903, Nr. 4.)

Nach dem französischen Bauxit verwendet man englischen (irischen) am meisten. Auch dieser wird in drei Sorten von folgender Zusammensetzung verkauft:

	I.	II.	III.
Al_2O_3	49—54 Proz.	51—52 Proz.	45—46 Proz
H_2O	26—30 „	23—24 „	23—24 „
$FeO + Fe_2O_3$ . .	1,75—2,25 „	4—5 „	15—16 „
SiO_2	8—16 „	11—12 „	10—11 „
TiO_2	5—6 „	6—7 „	4—5 „
CaO	0,5—0,6 „	0,7—0,8 „	0,15—0,20 „

(Tonind.-Ztg. 1897, Nr. 14).

Über die Konstitution der Bauxite vermag eine große Anzahl von Analysen Aufschluß zu geben, welche sich in einem Schriftchen von Roth in Wetzlar „Der Bauxit und seine Verwendung zur Herstellung von Zement aus Ofenschlacke finden". Auf diese bis jetzt umfänglichste Zusammenstellung möge hier verwiesen werden.

Bauxitvorkommen in Australien und Nordamerika.

In Neusüdwales (Australien) wurde Bauxit im Jahre 1899 in Winyello, etwa 100 Meilen südlich von Sydney, und fast gleichzeitig in ausgedehnten Lagern in den Distrikten von Inverell und Emmaville in dem nördlichen Teile des Staates entdeckt. Bei Emmaville wurden 12 englische Quadratmeilen große Ablagerungen einer vulkanischen Asche gefunden, teilweise bis zu 40 Fuß Dicke, und diese Asche erwies sich als Bauxit und Wocheinit. Auch im Inveller Distrikt kommt Bauxit in beträchtlichen Flächen vor.

Der Bauxit von Neusüdwales variiert in der Farbe von strohgelb bis tiefrot. Bei Inverell wurde das Bauxit bisher nur zu Wegebauten verwendet, da sein Wert für die Aluminiumproduktion noch unbekannt war. Die Lager bei Emmaville sind zwar von amtswegen aufgenommen worden, doch ist wegen der systematischen Untersuchung anderer Teile des Landes nach Bauxit bis jetzt noch nichts geschehen. Mit Rücksicht auf das reichliche Vorhandensein von Bauxit und die beständig zunehmende Verwendung von Aluminium könnte mit dessen Fabrikation in Neusüdwales ein neuer und nutzbringender Industriezweig eingeführt werden. Das Mineral müßte nur mittelst Eisenbahn an Orte gebracht werden, wo die Kohlen und die Materialien zum Bau der Schmelzöfen billig und reichlich zur Verfügung stehen (Comercial Intelligence.)

In neuester Zeit sind in Nordamerika und zwar in Alabama, Arkansas, Georgia und Nord-Carolina mächtige Lager von Bauxit aufgeschlossen worden, welcher nach „Scientific American" den französischen Bauxit übertreffen soll [1]).

Die Analysen (Ziegel und Zement 1892, Nr. 23 und 1893, Nr. 13) ergeben:

Tonerde	35—60	Proz.
Kieselsäure	6—10	„
Eisenoxyd	5—6	„
Wasser	24—30	„

Unter den selteneren Beimengungen weisen die Analysen ziemlich häufig Titansäure [2]) (bis zu 4,5 Proz. in einem amerikanischen Bauxit) dann Phosphorsäure, Schwefelsäure auf, auch fand L. Hote in zwei Proben 0,5 und 0,31 Proz. Vanadium. Bei dem Vorkommen des Bauxites in der Umgebung oder Nähe des Basaltes erklärt sich, nach Versuchen des Verfassers, dessen Genesis [3]) in folgender Weise. Der Basalt, ein Silikat von Tonerde, Eisen, Kalk, Magnesia, Natron und Kali, unterlag höchst wahrscheinlich unter Beihilfe von sauren vulkanischen Dämpfen durch die Atmosphärilien, also Luft, Kohlensäure und Wasser, einer Zersetzung, wobei der größte Teil der Kieselsäure, der Alkalien und alkalischen Erden in wasserlöslichen Zustand übergeführt und ausgelaugt wurde, während Eisenoxydhydrat, Tonerdehydrat und etwas Kieselsäure zurückblieb. Hatte dabei das Eisenoxydhydrat unter reduzierenden Einflüssen Gelegenheit, sich mit vorhandenem oder hinzukommendem Tonerdesulfat umzusetzen, so bildete sich der Bauxit, welcher meist noch dem Basalt in seinem Habitus mehr oder weniger ähnlich sieht.

Fiebelkorn [4]) hat gegen die vom Verfasser durch umfassende Versuche begründete, mögliche Entstehungsweise des Bauxits aus Basalt bemerkt, daß dieselbe eine lange anhaltende Zufuhr von schwefelsaurer Tonerde voraussetze, deren ausgiebige Nachweisbarkeit zu bezweifeln wäre und besonders, wenn man die bedeutenden Lager namentlich in Frankreich wie neuerdings in Amerika in Betracht ziehe. Dagegen ist daran zu erinnern und sind zu Hilfe zu nehmen ungeheure geologische Zeiträume mit ihren vielen Millionen Jahren, bei deren Verlauf an sich winzige Größen oder Mengen dennoch außerordentliche und unermeßliche Wirkungen zu vollziehen imstande sind. Als Hauptziel verfolgte indeß der Verfasser bei seiner Untersuchung mittelst positiven Versuchs darzutun, wie da, wo Bauxit und Basalt mit einander auftreten, ersterer aus letzterem und unter welchen Umständen zu entstehen vermag, was denn in unzweifelhafter Weise erwiesen wurde. Weiterhin ist noch von Liebrich und Davilla eine hypothetische Entstehungsweise des Bauxits aufgestellt und beschrieben worden.

Steinmark. — Es gehört dahin das Steinmark, mit einem Tonerdegehalt bis zu 41,48 Proz.

1) Als Eigentümlichkeit sind anzuführen die daselbst vorkommenden bauxithaltigen Tone mit einem höheren Tonerdegehalt, als die tonerdereichsten Kaoline sonst aufweisen. Solche Tone sind, soweit dies bekannt geworden, anderwärts bis jetzt nicht aufgefunden worden.

2) Unzweifelhaft dürfte unter den Angaben für die Kieselsäure eine gewisse selbst bis zu mehreren Prozenten betragende Menge an Titansäure namentlich bei den früheren Analysen in Abzug zu bringen sein.

3) Der Verf. Notizblatt 1880, S. 278.

4) Tonind.-Ztg. 1897, No. 117.

e. Magnesiahaltige Mineralien.

Schon länger verwendet man Magnesit und jetzt auch Dolomit, Kalkstein und Asbest (Asbest soll das Ertragen von Temperaturwechsel befördern) zu feuerfesten Zwecken, sei es, daß man sie für sich benutzt oder in Verbindung mit feuerfestem Ton [1]).

So findet in Österreich der Magnesit aus den Nordalpen von Oberdorf bei St. Katharein unter Zusatz von 20 Volumenteilen Blanskoer Ton Anwendung zur Fabrikation feuerfester Ziegel. Nach Schwarz verwendete man in Donawitz bei Leoben zu den Puddelöfen Magnesitziegel, wozu derselbe als vorzügliches Material ein Vorkommen mit 92,52 Proz. kohlensaurer Magnesia bei Mahrenberg in Steiermark empfohlen hat [2]). Zur Herstellung von Magnesiaziegeln, die in neuerer Zeit in ganz anderer und außerordentlicher Weise an Bedeutung gewonnen haben, schätzt man wegen der bevorzugten Eigenschaft besonders die steirischen Magnesite von Mittendorf hinter Mürzzuschlag [3]). Magnesit findet sich ferner in Sachsen, Schlesien (dichter Magnesit), Norwegen, Schweden, auch in Lappland und auf der Insel Euböa (ältester Fundort) zwar sehr lokal, aber doch in mächtigen Stöcken oder Nestern vorkommend. Als reinste Magnesitspate gelten der euböische oder griechische und, wie im nächsten Kapitel eingehender folgt, als geeignetster zur Ziegelfabrikation der aus Steiermark, dessen durchschnittliche Zusammensetzung im rohen Zustande wie nach dem Brennen folgende ist [4]). Steirischer (ungebrannt) aus dem Veitschtal; Material für die Magnesiasteine und Stampfmasse:

Kohlensaure Magnesia .	90,0	bis	96,0	Proz.
Kohlensaurer Kalk . . .	0,5	„	2,0	„
Kohlensaures Eisenoxydul	3	„	6	„
Kieselsäure		„	1	„
Manganoxyd		„	0,5	„

Nach Wedding enthalten die verschiedenen dortigen Magnesitspate an Magnesiumkarbonat 87 bis 99 Proz.; der Kalkgehalt wechselt zwischen 1,5 bis 2,6 Proz., der Kieselsäuregehalt zwischen 0,6 und 4 Proz. (Verh. d. Vereins z. Beförderung des Gewerbfleißes zu Berlin, Bericht über die Sitzung vom 6. Febr. 1893.)

Vorzüglich rein ist nach Christomanos der Magnesit von Maudouai auf Euböa [5]), dessen Zusammensetzung im ungebrannten Zustande ergibt (Chemiker-Ztg. 1886):

---

1) Die Tonerdemagnesiasilikate: Speckstein, Kalkschiefer, Seifenstein und Serpentin sind nicht zu den feuerfesten Materialien zu rechnen und daher hier zu übergehen.

2) Notizblatt VII. S. 175.

3) Von hier gingen im Jahre 1885 an 16 Werke 2300 Tonen Magnesit und ist die Ausfuhr seitdem ganz bedeutend gestiegen. Nach Mitteilungen des zitierten Autors betrug der Versand an Rohmaterial wie Fabrikaten aus sämtlichen steirischen Brüchen der Firma C. Spaeter in Coblenz im Jahre 1892 bereits 13000 Tonnen. Nach Bericht der k. k. Permanenzkommission für die Handelswerte im k. k. Handelsministerium in Wien stellte sich im Jahre 1901 der Handelswert für gebrannten Magnesit pro Zentner auf 4 Kronen. Jetzt sind die im Besitze der Firma C. Spaeter gewesenen Magnesitwerke nebst allem Zubehör in eine Aktiengesellschaft „Veitscher Magnesitwerke“ übergegangen. Wiener Zeitschrift für Keramik. 1899. No. 16.

4) Zyromski, Compt. rend. 1886, S. 106.

5) Schiffsladungen dieses Magnesits gehen nach England, Brest und Hamburg.

Kohlensaure Magnesia	94,46	Proz.
Kohlensaurer Kalk .	4,40	„
Kieselsäure	0,52	„
Eisenoxyd	0,08	„
Wasser usw. . . .	0,54	„

Bedeutend magnesiaärmer sind die stets verschieden kalkreichen und als Ersatz für Magnesite, teilweise jedoch in immer mehr abnehmendem Verhältnis verwendeten Dolomite, die wie folgt zusammengesetzt sind[1]):

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.
Magnesia	18,6	17,7	16,4	18,5	17,3	16,1	17,0
Kalkerde	28,3	33,6	31,4	33,0	29,0	31,0	28,0
Kieselsäure . . .	4,1	0,9	0,1	0,3	0,8	2,0	3,8
Tonerde	3,0	0,7	1,5	0,2	0,9	1,3 }	4,0
Eisenoxyd . . .	1,7	0,6	4,0	0,7	4,1	3,2 }	
Flüchtige Stoffe .	44,2	46,6	42,2	47,4	46,2	45,4	45,0

I, II, III und VII sind französische Dolomite, IV ein belgischer, V einer aus Chrzanow in Galizien, VI ein solcher aus Russisch-Polen.

Weiterhin finden sich in der Präsidentschaft Madras, in Indien, zu den Kalkbergen von Salem gehörig, zwei sehr bedeutende Magnesitlager von $1^1/_4$ und $3^1/_2$ Quadratmeilen. Die Berge waren zumeist olivinhaltige Gesteine, welche große mineralogische Veränderungen zuerst in Serpentin, dann Magnesit, Chalzedon usw. erlitten haben. Der Magnesit tritt in Adern, meist unregelmäßig angeordnet, auf. Seine Menge ist unbegrenzt. (Eng. and Mining Journ. 1898, 66, 669, nach Tonindustrieztg 1899, No. 7.)

Ein Durchschnitt von fünf verschiedenen dunkelgrauen Magnesitstücken, welche aus den Gräflich Nostitzschen Gruben von Kallwang in Steiermark stammten, hatte nach Untersuchung des Verf. 1897 folgende Zusammensetzung:

Magnesia	41,37	Proz.
Kalk	4,10	„
Tonerde	0,19	„
Eisenoxyd	2,85	„
Manganoxyduloxyd . . .	0,31	„
Kieselsäure	1,23	„
Glühverlust	50,26	„
	100,31	Proz.

Gibt berechnet auf 100 und die Magnesia, den Kalk und das Eisenoxyd zu Eisenoxydul als Karbonate:

Magnesiakarbonat	86,84	Proz.	
Kalkkarbonat	7,29	„	
Tonerde	0,19	„	
Eisenoxyd	4,13	„	(kohlens.)
Manganoxydoxydul . . .	0,31	„	
Kieselsäure	1,22	„	
Glühverlust	0,02	„	Wasser u. Organisches
	100,00	Proz.	

1) cf. Zyromski, l. c.

Hellere und recht ungleichartige Stücke mit gelblichen und nußfarbigen Stellen hatten einen Gehalt von nur 27,75 Proz. Magnesia. Die pyrometrischen Bestimmungen ergaben:

Geglüht a) Stückchen der fünf Magnesitproben behufs Totbrennens oder der Sinterung, in einer Temperatur von zirka 1650°, brannten sich dunkel eisenblau; jedoch erschienen einzelne darunter heller. Alle Proben zeigten beim Übergießen mit verdünnter Salzsäure keine oder nur sehr geringe Bläschenentwicklung, wobei ein geringer Geruch nach Schwefelwasserstoff wahrnehmbar war.

b) Geglüht in einer Temperatur von zirka 1700° waren die Glüherscheinungen durchweg dieselben.

c) Geglüht heftigst bei mehrmaliger Wiederholung in einer Temperatur, worin ein Platindraht in einer Magnesiakapsel eingeschlossen zu einem Kügelchen geschmolzen war, hatten alle Proben noch die ihnen gegebene Form völlig und nahe gleich der bestbekannten Späterschen Magnesiastampfmasse behalten. Trotz dieses günstigen Resultats ist jedoch der größere Kalkgehalt nachteilig, welcher sicher nicht bloß die Schwerschmelzbarkeit beeinflußt, sondern auch, wie von Fachleuten behauptet wird, in mechanischer Hinsicht von ungünstiger Wirkung auf die Magnesitfabrikate ist.

Künstliche Magnesia. — Auch hat man mehrfach versucht, künstlich dargestellte Magnesia zu benutzen. So sind Versuche gemacht worden, Ziegel herzustellen mit der in den Staßfurter Salzbergwerken vorkommenden Magnesia. In Neu-Staßfurt zu Löderburg wird das abfallende Salzgemenge, welches außer 82,95 Proz. Magnesia 11,63 Proz. lösliche Magnesiasalze nebst Kochsalz enthält, von diesen durch Wasser ausziehbaren Stoffen mittelst wiederholten Waschens ziemlich vollständig befreit. Diese gewaschene, wasserhaltige, lockere und nicht bindende Magnesia vertrug eine Erhitzung bis zu zirka 1600° C, ohne zu schmelzen, und war alsdann noch schneidbar; dieselbe zeigte bei sehr starker Erhitzung nicht die sonst so erwünschte Sinterung.

Nach einem Patent von G. d'Abelswärd in Paris läßt sich reines Magnesiumhydrat herstellen durch Fällung natürlicher oder künstlicher Magnesialösungen mittelst reinen Kalkes. (Sprechsaal 1890, Nr. 45.) Bei feuchter Magnesitmasse kann man die Bildung von Magnesiahydrat durch Erwärmen derselben bis auf eine Temperatur von über 140—150° im Dampfkessel unterstützen.

Pyrometrische Bestimmungen. — Reine Magnesia für sich oder auf einer Gasretortengraphitunterlage geglüht, hält sich in einer bis zur wirklichen (kontrollierten) Platinschmelzhitze gesteigerten Temperatur ohne zu schmelzen. Nach Moissan schmilzt die Magnesia vollständig im elektrischen Ofen bei 3000°, während Kalk bei 2500° und Tonerde bereits bei 2000° schmilzt. (Keram. Rundschau 1897, Nr. 37.) Bei Berührung mit Tonmasse büßt auch die Magnesia für sich an Schwerschmelzbarkeit bedeutend ein und schmilzt alsdann bei ca. 1600° C. So außerordentlich feuerbeständig demnach die Magnesia als solche ist, so unzuverlässig wird dieselbe, sobald sie in hoher Temperatur Gelegenheit findet, Doppelsilikate zu bilden. Unter verschiedenen rein dargestellten Beimengungen zur Magnesia, wobei Tonerde, Kalk, Eisenoxyd, Kieselsäure und Phosphorsäure versucht wurden, wirken die genannten Basen und Säuren in der genannten Reihen-

folge zunehmend als Schmelzmittel. Unter den Basen tritt als schwächstes Schmelzmittel die Tonerde[1]), wie als stärkstes das Eisenoxyd auf, und unter den Säuren befördert Phosphorsäure die Schmelzbarkeit bedeutend mehr als Kieselsäure. Der Kalk unterscheidet sich von der Magnesia in individueller Weise. Derselbe schmilzt in Verbindung mit Säuren wie Basen eher und vollständiger als die Magnesia. Was die Wirksamkeit der genannten verschiedenen Gemengteile unter einander angeht, so gilt als erste Regel: je zusammengesetzter die Mischungen sind, namentlich wenn sie aus bereits fertigen Verbindungen bestehen, um so leichter und dünnflüssiger schmelzen sie im allgemeinen. (d. Verfasser Magnesia und ihre Verbindungen. Dinglers Journal 237, S. 51 ff.)

Die Magnesia dient in der Industrie feuerfester Produkte zu Steinen (Ziegel), Tiegeln und als Futter namentlich beim Thomasschen Prozeß. Besprochen finden sich diese Verwendungsarten eingehender im nachfolgenden Abschnitt.

Sogenannte Magnesiastampfmasse[2]) aus Steiermärker Magnesit.

Eine daraus geformte Probe der Ofenschlacke in konstatierter Platinschmelzhitze[3]) ausgesetzt, hält sich auf einer Magnesiaunterlage ohne zusammen zu schmelzen, ist merklich geschwunden und saugt die Eisenschlacke aus der Koksasche begierig auf, doch ohne daß eine größere Zerstörung bei einem einmaligen Versuche eintritt; wird der Versuch mehrmals wiederholt, so findet leicht ein Springen statt und zerstört die Koksasche allmählich die Magnesiamasse, eine schwarze zähflüssige Schlacke bildend. Der Bruch zeigt einen von Schmelz durchdrungenen, funkelnden, dunkelgrauen Scherben. Ein Verstäuben der Magnesia läßt sich dabei bemerken.

f) Chromeisenstein.

Dieses seltenere Mineral wurde von Audouin als höchstfeuerfestes empfohlen, welches durch Kieselsäure und Eisenoxyd nicht angegriffen werde und nicht schwinde. Dasselbe ist für sich in der Tat höchst schwerschmelzbar. Das dunkelgrüne Chromoxyd hält sich in annähernder Platinschmelzhitze vollkommen und brennt sich in dieser hohen Temperatur zu einer matten, schwarzgrauen Masse mit etwas dunklerem, dichten aber noch einsaugendem Bruche. Es schwindet dabei nicht oder unmerklich und zeigt auch mit der dasselbe berührenden Tonmasse kein Schmelzen. Abgesehen von dem heutigen sehr hohen Preise dieses Oxyds ist zu bedenken, daß das Chrom, welches sich hinsichtlich seiner Oxydationsstufen unmittelbar neben Eisen und Mangan stellt, auch ebenso viele Oxydationsstufen als diese Metalle bildet. Die verschiedenen Oxydationsstufen sind es aber, welche das Eisen, wie Mangan, so völlig ungeeignet als feuerfestes Material machen[4]). Hierzu kommt, daß der Chromeisenstein sehr wechselnd in der Zusammensetzung ist.

---

1) Magnesia verträgt einen Zusatz von Tonerde bis zu 100 Proz., ohne in Schmiedeeisenschmelzhitze zu schmelzen.

2) Zeigt wie die Magnesiasteinmasse beim Übergießen mit Säure etwas Kohlensäureentwicklung.

3) Platinstückchen in einer Kapsel aus chemisch reiner Magnesia vollständig eingeschlossen, waren zu einem Kügelchen geschmolzen.

4) Deutsche Industrie-Ztg. 1897, S. 358.



Vornehmlich zeigen nur die am Chromoxyd reichen und sehr teuren Erze eine außerordentliche Schwerschmelzbarkeit, weshalb bisher eine größere Anwendung derselben ausgeschlossen war. Aufsehen hat daher ein neuerdings in Schlesien aufgefundenes Chromeisenerz, das ein großes Lager bildet und analysiert wurde [1]), gemacht.

Nach Versuchen des Verfassers verträgt eine Probe davon eine Erhitzung bis zur konstatierten Platinschmelzhitze und selbst höher ohne zu schmelzen [2]). Äußerlich verhält sich ein aus dem fein zerriebenen Erz geformter Zylinder bis auf ein merkliches Schwinden völlig unverändert und erscheint blau (eisenblau). Der schwarze Bruch mit einzelnen geschmolzenen Körnchen zeigt eine Verdichtung und Glanz (Erweichung). Der Chromeisenstein hält sich auf einer Magnesiaunterlage, erlaubt aber keine Berührung mit Tonmasse. Widersteht bei einem einmaligen Versuche der Schlacke aus der Koksasche; bei wiederholtem Versuche mit derselben Probe stellt sich ein Blinkern und selbst ein Aufblähen (Dickwerden), ein. Inbetreff längerer Beständigkeit des Materials dürften wegen des bedeutenden Gehaltes an Eisen, welches sich je nach den Umständen im Feuer so leicht in ungünstiger Weise verändert, was von dem Chromoxyd nach obiger Andeutung auch anzunehmen ist, Zweifel zu hegen sein.

Nach einem Patente (D. R.-P. Nr· 71078) dient als Bindemittel für zerkleinerten Chromeisenstein ein Zusatz von 2 Proz. Gips und 1 Proz. schwefelsaurer Tonerde. Es wird dadurch, wie angegeben wird, eine gut formbare und beim Trocknen feste Masse erhalten, die ohne Gefahr zu großen Façonsteinen sich ausformen und unverletzt in den Ofen bringen läßt. (Tonind.-Ztg. 1893, Nr. 45.) Auch wendet man als Bindemittel Kalkmilch, Teer, Melasse und dergleichen an.

Zu beachten dürfte dabei sein, ob nicht das chemisch gebundene Wasser des Gipses und der schwefelsauren Tonerde wie die entweichende Schwefelsäure bei starkem Erhitzen zu einer Lockerung und selbst möglichem Springen der Masse Anlaß gibt.

Analysen. — Nach den in Rammelsberg, Mineralchemie, aufgeführten Chromeisensteinen beträgt:

	Minimum	Maximum
Chromoxyd . . .	7,23	64,76
Eisenoxyd . . .	14,11	43,39
Tonerde	0,86	56,0
Magnesia	6,28	23,59

---

1) Enthält nach Seger:

Chromoxyd . .	35,85 Proz.
Eisenoxyd . .	15,26 „
Tonerde . .	31,28 „
Kalkerde . .	0,91 „
Magnesia . .	11,43 „
Kieselsäure . .	5,23 „
	99,96 Proz.

2) Pyrometrische Bestimmungen in dem Laboratorium der Tonindustrie-Zeitung (1893) ergaben ebenfalls, daß sich daraus hergestellte Steinproben in einer Temperatur, welche über Platinschmelzhitze ging, unversehrt und ohne Schmelzung erhielten.

Chromeisenstein verschiedener Fundorte ist zusammengesetzt (Tonind.-Ztg. 1893, Nr. 16):

	Österreich-Ungarn				Drontheim (Norwegen)	Rußland			Kavahissac (Klein-Asien)	Baltimore
	Kraubat (Steiermark)	Ungarn	Bosnien	Orsova		Jekaterinburg (Ural)	Orenburg	Wiatka		
Cr_2O_3 . .	53,0	31,5	53,0	39,6	42,0	49,5	53,0	58,0	53,0	45,0
Fe_2O_3 . .	24,9	29,6	35,3	21,2	19,7	23,3	24,9	18,2	24,9	42,3
Al_2O_3 . .	8,0	16,8	8,2	22.5	12,0	6,8	8,0	10,0	7,6	5,4
MgO . . .	11,6	14,8	2,0	9,6	21,3	13,4	11,0	11,6	12,3	4,1
CaO . . .	—	—	Spur	1,3	—	—	—	—	—	—
SiO_2 . . .	2,5	7,3	2,4	4,5	5,0	7,1	3,0	2,2	2,2	3,2
CuO . . .	—	—	—	0,2	—	—	—	—	—	—

Chromerze aus Griechenland oder vom Ural, welche zu Urieux zur Erzeugung von Ferro-Chrom dienen, hatten folgende durchschnittliche Zusammensetzung (zit. Ztg.):

Chromoxyd . . .	39,1 Proz.
Eisenoxydul . . .	18,0 „
Tonerde	27,6 „
Magnesia	11,6 „
Kieselsäure . . .	3,0 „
	99,3 Proz.

Über die Gewinnung des Chroms findet sich folgende Notiz: Kleinasien ist gegenwärtig fast der ausschließliche Markt des Chroms für ganz Europa. Das Erz enthält gewöhnlich 50 Proz. Chrom-Sesquioxyd und kommt inmitten des Serpentins sehr unregelmäßig verteilt vor; das Sammeln des Minerals geschieht in einfachster Weise als Lesesteine auf den Feldern. Die Hauptpunkte für die Gewinnung liegen nicht weit von Brussa in Nord-Kleinasien und der eigentliche Hafen für die Ausfuhr ist Gemlek. Die übrigen Minen befinden sich der Küste entlang im Süden von Smyrna oder in dem Vilayet Alleppo, nicht weit von Alexandrette und Antiochia. Die gesamte Ausbeute geht nach England, Deutschland und Nordamerika und dürfte gegenwärtig höchstens 30 000 Tonnen betragen. (Tonind.-Ztg. 1895, Nr. 51.)

Bekanntlich hat sich der Chromeisenstein in Stücken oder als grobes Pulver mit wasserfreiem Teer und kieselsäurefreiem Kalk versetzt bei der Flußeisendarstellung besonders in Frankreich und Rußland im Siemens-Martinofen als neutrales Trennungsmittel zwischen der basischen und sauren Zone, den Magnesiasteinen und den Dinas, ausreichend bewährt. Das Chromerz frittet mit dem Kalk zusammen und bildet einen widerstandsfähigen Herd; das Chromerz, welches auch von den schmelzenden Metallen nicht angegriffen wird, ist für sich empfindlich gegen Temperaturwechsel. Soweit hierbei im Bade die Magnesiasteine vom schmelzenden Eisen bedeckt sind, halten sich dieselben erfahrungsmäßig gut, aber in einer höheren Zone, wo sie unbedeckt und anderen Einflüssen ausgesetzt, weniger haltbar sind, wendet man die besten englischen Dinas mit erwünschtem Erfolge an.

Nach Wedding ist bei den statt aus Dolomit aus Magnesit hergestellten Herden die trennende Chromerzschicht ganz entbehrlich und dient als Zwischen-

lage reiner Sintermagnesit. In den meisten Hüttenwerken hat man daher den Bezug des Chromeisensteins aufgegeben [1]).

Öfen.

Die in der Keramik benutzten Brennöfen nebst den Hilfsmitteln dabei (Zugmesser, Orsatscher Apparat zur Untersuchung der Rauchgase usw.) sind Sache einer speziellen Abhandlung und führen hier zu weit. Bekanntlich finden sich auch die keramischen Brennöfen in Spezialwerken abgehandelt, auf die daher hier zu verweisen gestattet sei. Darunter sind zu nennen die von Mendheim, Stegmann, Ramdohr, Steinmann, Schinz usw. Auch gibt es spezielle Bureaus für die keramischen Öfen, worunter das bekannte älteste das von Fr. Hoffmann.

Wenn trotzdem einige prinzipielle Fragen der Brennöfen besprochen werden sollen, so mag dies vom Standpunkt einer kurzen Kritik geschehen.

Nach den Ansichten des Verfassers ist der beste Ofen, den die feuerfeste Industrie zur Verfügung hat, der Rundofen der Porzellanindustrie mit überschlagendem Feuer und zwar deshalb, weil bis jetzt noch keinem System der kontinuierlichen Öfen gelungen ist, einen wirklich zufriedenstellenden, gleichmäßigen und dabei rationellen Gang zu erzielen. Der in und außer Deutschland verbreitete Mendheimsche Gaskammerofen kommt, was zu bemerken, sehr teuer in der Anlage und ist in der Ausnutzung abhängig von der Bedienung bezw. dem Gang des Generators, ein Umstand, den sämtliche andere Öfen Gasfeuerung mit ihm teilen.

Über den Gaskammerofen verdankt der Verfasser dem kürzlich verstorbenen verdienstvollen Pyrokeramiker Mendheim folgende Mitteilungen.

Der Gaskammerofen besteht aus einer Anzahl unter einander durch Zwischenwände getrennter und nur durch absperrbare Züge mit einander verbundener Ofenkammern. Derselbe trägt den Grundprinzipien der Gasfeuerung beste Rechnung, indem die Mischung von Gas und Luft nicht erst im Ofenraum in völlig unbestimmbaren Verhältnissen wie bei dem bekannten Gasringofen, (welcher einen völlig offenen ringförmigen Brennraum ohne Zwischenwände besitzt), vor sich geht, sondern sie vollzieht sich in annähernd bestimmbaren Verhältnissen kurz vor ihrem Eintritt in den Brennraum. Die Vorwärmung und Kühlung des Brenngutes schreitet im Gaskammerofen, wie dies für gute Qualität der Ware erforderlich ist, allmählich und gleichmäßig von Kammer zu Kammer fort, während im Gasringofen im oberen Teile des Einsatzes die Vor- und Nachglut sich weiter nach vor- und rückwärts erstreckt als auf der Ofensohle und daher die hier befindliche Ware einer rascheren Abkühlung und einem plötzlicheren Angriff des Vollfeuers ausgesetzt ist. Für den Brand feuerfester Waren und speziell für die Erzeugung gleichmäßig durchgebrannter größerer Formstücke ist es von Wichtigkeit resp. notwendig, die Nachglut in allen Teilen des gesamten Ofenquerschnittes längere Zeit festhalten zu können und gerade diese Möglichkeit bietet, wie eben dargelegt, der Gasringofen nicht genügend.

Der Gaskammerofen läßt vermöge seines Prinzips eine ganze Anzahl

---

1) In großer Menge soll der Chromeisenstein in den Petersburger Alexandrowkischen Stahlwerken verwendet werden. Töpferztg. 1899, No. 69.



von Modifikationen zu, von denen vorzugsweise zwei zum Brande von Schamottewaren Anwendung finden und zwar a) die hauptsächlich auf Sohlenfeuer, b) die auf niedergehender Flamme beruhende Konstruktion. Welche von beiden Konstruktionen zur Anwendung zu kommen hat, ist oft von nur nebensächlichen Umständen abhängig, zuweilen aber auch davon, ob die betreffende Fabrik vorwiegend Wert auf Massenerzeugung feuerfester Produkte in Normalformaten oder vorwiegend auf Herstellung größerer Formstücke legt. Die ad (a) genannte Konstruktion bietet den Vorteil einer außerordentlich gleichmäßigen Temperaturverteilung in der Ofenkammer, so daß der Unterschied zwischen den stärkst und schwächst erhitzten Stellen des Einsatzes nur 1 Segerkegel oft auch noch weniger beträgt. Die Modifikation (b) ergibt eine derartige Gleichmäßigkeit der Temperatur nicht, vielmehr können hier die Unterschiede zwischen dem obersten und untersten Teile des Einsatzes namentlich in sehr großen Ofenkammern bis zu 2 und 3 Segerkegel betragen, was jedoch in den meisten Fällen nicht nur nicht nachteilig, sondern vielfach sogar erwünscht ist, da hierdurch die Möglichkeit geboten wird, Steine von verschiedener Zusammensetzung in ein und derselben Ofenkammer völlig gleichmäßig zu brennen. Diese Ofenkonstruktion wird daher im allgemeinen bevorzugt.

Die Bau- und Brandkosten der einzelnen Ofenkammern sind bei den Öfen mit überschlagendem und Sohlenfeuer unter gleichen Voraussetzungen dieselben. Der Brennmaterialverbrauch beim Brennen feuerfester Normal- und Formsteine beträgt bei einer durchschnittlichen Temperatur von Segerkegel 13 in mittelgroßen und großen Ofenkammern etwa 12—14 Proz. mittlere Steinkohle oder 19—20 Proz. bessere böhmische Braunkohle, in kleineren Ofenkammern oder bei höherem Garpunkt der Ware stellt sich der Verbrauch etwas höher.

Die Dauer der Brände in den einzelnen Ofenkammern, richtet sich natürlich nach deren Größe und nach der verlangten Temperatur und zwar lassen sich bei kleineren Kammern mehr, bei größeren weniger Brände in einem Ofensystem in derselben Zeit erzielen. Die monatliche Leistung einer Gaskammerofens schwankt daher je nach der Größe seiner Kammern beim Brennen von Schamottewaren zwischen 24 und 36 Kammern. Vermöge der großen Wärmemengen, die im Gaskammerofen aufgespeichert sind und für den Betrieb selbst nicht ausgenützt werden können, gestattet derselbe verschiedene Modifikationen von Trockeneinrichtungen.

Nicht enden will indeß die Zahl der Gaskammeröfen und anderer Kammeröfen, so der von Dannenberg, Wolf, Hotop, Bock, Böing usw. Das zweckmäßigste System scheint dem Verfasser das der gekuppelten Rundöfen mit Halbgasfeuerung zu sein, wobei 6 Öfen zu einer Kolonne gruppiert sind und die Abgase des einen in die zwei folgenden Öfen gehen, diese vorwärmend, während die im Vollfeuer stehenden vorausgehenden Öfen an die durchziehende Sekundärluft ihre Hitze abgeben und so als ein Rekuperator wirken. Als Schattenseite tritt dabei für die Brennobjekte ein Anschmelzen von Asche und Schlacke ein, wodurch ein hoher Prozentsatz von Ausschuß entsteht.

Mit dieser im ganzen kurzen Fassung sei diese Betrachtung über die Öfen abgeschlossen und mögen nur noch die kleineren Versuchsöfen folgen, wovon oben bereits die von Sefström und Deville ausführlich besprochen wurden. Es sind dies die Öfen aus dem Laboratorium für Tonindustrie in Berlin und

ein kleinerer nebst einem Muffelofen von Rößler, sowie ein besonders hervorzuhebender elektrisch geheizter Ofen von Heraeus.

Von ersterem wird hervorgehoben, daß der Brennprozeß darin dem des Großbetriebes gleiche, die Hitze langsam steige und in allen Punkten der Brennzone gleichmäßig verteilt sei. Es läßt sich dabei leicht eine bald oxydierende, bald reduzierende Flamme hervorbringen. Die Befeuerung geschieht in dem hier abgebildeten Ofen mit Leuchtgas unter Verwendung von stark vorgewärmter Verbrennungsluft. Derselbe (Fig. 32) besteht aus einem starkwandigen Schamottezylinder mit abnehmbarem Deckel, der eine hohe Feuerbrücke bildend, einen dünnwandigen Schamottezylinder umschließt. Innerhalb der zylindrischen Feuerbrücke steht in geringem Abstande eine mit Deckel verschließbare Schamottekapsel von zylindrischer Form, die zur Aufnahme des

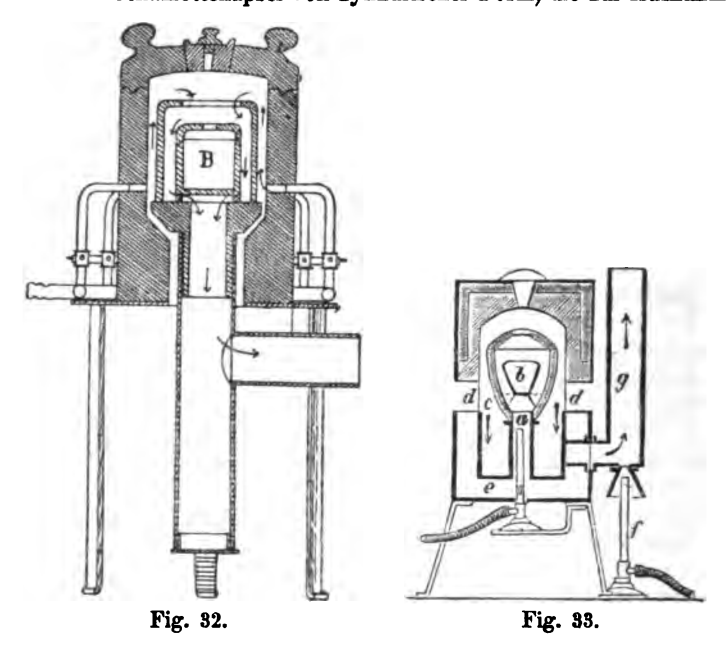


Fig. 32. Fig. 33.

Brennobjektes dient. Durch sechs regelmäßig im Kreise verteilte Bunsensche Brenner tritt die Gasflamme von außen durch den starken Schamottemantel, in welchem entsprechende Durchgangsöffnungen ausgespart sind, ein, steigt an der Feuerbrücke empor, um von der Decke dann heruntersinkend, zwischen letzterer und der Kapsel zum Abzugsrohr zu gelangen, welches mit dem Schornstein in Verbindung steht. Die zur Verbrennung dienende Luft wird durch die abziehenden heißen Verbrennungsgase vorgewärmt, in den zwischen der Außenwand und der Feuerbrücke verbleibenden ringförmigen Spalt eingeführt. Zu diesem Behufe ist das eiserne Abzugsrohr mit einem Mantel umgeben; in dem dadurch gebildeten ringförmigen Zwischenraum steigt die Verbrennungsluft der Richtung der Rauchgase entgegen empor und erwärmt sich an den heißen Rohrwänden. Infolge der Verwendung von heißer Luft ist die Verbrennung des Gases intensiver und die erzeugte Temperatur dementsprechend hoch.

Durch den Gang der Flamme, welche sich erst auf-, dann abwärts bewegt, wird der eigentliche Brennraum gleichmäßig ringförmig umspült. Hierdurch wird ermöglicht, daß die Temperatur in allen Teilen der Brennkapsel gleichmäßig ist. Die Beobachtung derselben geschieht durch ein Loch im Deckel der Brennkapsel. Alsdann wird ein geringer Gasstrom in den Ofen gelassen und vorsichtig angezündet. Durch eine Schauöffnung im Deckel, läßt sich der Fortgang des Feuers recht gut beobachten. Je nach der Schnelligkeit, mit der die Temperatur steigen soll, bewirkt man durch den Gaszuführungshahn eine entsprechende Gaszufuhr.

Wie angegeben wird, bewährte sich der Ofen bei den verschiedensten Brennversuchen gut und wurde darin sowohl Hartporzellan, als auch Zement, Steinzeug, Klinker, Steingut, Verblender usw. gebrannt.

Eine schnellere Steigerung der Temperatur wird in dem Versuchsofen erreicht durch Abänderungen in den Maßen und der Konstruktion der Brenner. Man siehe Beschreibung nebst Abbildung (Tonind.-Ztg. 1896, S. 885). Auch finden sich daselbst Angaben über einen Ofen zum Durchschmelzen von Farbflüssen und Glasuren, sowie Zeichnungen über eine Gasmuffel ohne Vorwärmung und eine Versuchsmuffel mit Luftvorwärmung. Unter den Petroleum-Gebläseapparaten bringt die Tonind.-Ztg. 1898, S. 353 noch einen Versuchsofen von Barthel in Dresden.

Der Ofen von Rößler, welcher ebenfalls mit Leuchtgas geheizt wird, ist geeignet zu Glühversuchen und besonders Bestimmungen in Silber- und Goldschmelzhitze und darüber hinaus. Silber schmilzt darin nach 15, Feingold nach 20 und eine Legierung von 90 Gold und 10 Platin nach 40 Minuten. Nach der beigefügten Abbildung (Fig. 33) gelangt die kalte Luft durch den Raum e, in welchem dieselbe an den heißen Wandungen des Mantels d vorgewärmt wird, in den Bunsen'schen Brenner a, und soviel, als zur vollkommenen Verbrennung notwendig, auch noch um denselben herum und mit dem Gasgemische aus dem Brenner gemeinsam in den inneren Mantel c unter den Tiegel b, wo die Verbrennung stattfindet. Die Verbrennungsgase treten durch das Deckelchen aus dem inneren Mantel c und umspülen diesen ganz, indem sie zwischen demselben und dem äußeren Mantel d herabziehen; sie bestreichen dann die Innenwandungen des Vorwärmeraumes e, wo sie einen Teil ihrer Wärme an die Verbrennungsluft abgeben, und entweichen schließlich durch den Schornstein g. Der zweite Brenner f wird so gestellt, daß gerade genug Luft, aber nicht mehr, als zur vollständigen Verbrennung notwendig ist, in den Apparat gesaugt wird. Um denselben in Gang zu setzen, werden zuerst beide Deckel abgenommen, beide Brenner angezündet und dann die Deckel wieder aufgelegt (Dinglers Journal 1885). Ferner wurde von Rößler in neuester Zeit ein recht bemerkenswerter kombinierter Schmelzmuffelofen mit selbsttätigem Petroleum-Gebläseapparat beschrieben. (Keram. Rundschau 1902, Nr. 47.) Für größere Versuche dürfte der Löser'sche Ofen mit Halbgasfeuerung und Rekuperator ein ganz außerordentlich günstiges System repräsentieren, wie Verfasser zu beobachten Gelegenheit hatte. Eine Reihe von Laboratoriums- und Versuchsöfen mit Gasheizung fanden sich auf der Pariser Ausstellung 1900. (Tonind.-Ztg. 1900, Nr. 66.)

Hervorzuheben sind hier die elektrisch geheizten Laboratoriumöfen für hohe Temperaturen. Leitet man den elektrischen Strom durch Röhren oder sonstige Hohlkörper von Porzellan mittelst einer Spirale aus Platindraht, so läßt sich rasch eine Temperatur bis ca. 1500° C hervorbringen. Der,

wenn dünne, Draht hält nur kurze Zeit. Wendet man statt desselben dünnes Platinblech an, so bietet dieses mehrfache Vorteile. Die entwickelte Wärme wird sofort abgegeben und erhitzt sich alsdann die Platinfolie nicht bedeutend, auch ist dieselbe viel billiger. In etwa 5 Minuten steigt in einem 25 mm weiten Rohr die Temperatur auf 1400° C, bei höherer tritt aber eine Zerstörung der Platinspirale ein. Jede gewünschte Temperatur läßt sich dabei beliebig lange erhalten und mit Hilfe des Holborn und Wien'schen Pyrometers messen oder auch aus der Veränderung des Widerstandes der Heizspirale berechnen. Die glühenden Rohre dürfen nicht mit kalten Gegenständen in Berührung kommen, da sonst leicht ein Platzen stattfindet.

Folgende Typen von Öfen werden angefertigt: Horizontal- oder Röhrenöfen mit Rohren von 20, 30, 40, 50 bis 65 mm lichter Weite, dann auch ein Vertikal- oder modifizierter Holborn-Ofen, welcher letztere zum Aufstellen von Tiegeln dient. (Mitteilung von W. C. Heraeus nach zum Patent angemeldetem Verfahren. Tonind.-Ztg. 1902, Nr. 136.)

Als besonders bemerkenswert ist noch anzuführen ein in neuester Zeit von W. C. Heraeus konstruierter und ursprünglich mittelst Knallgas beheizter Schmelzofen. Nach der Tonind.-Ztg. dient als Brennraum ein aus reinem Iridium bestehendes Rohr von etwa 40 mm Weite und 200 mm Länge, welches an beiden Enden mit einem durchbohrten Stöpsel aus gebranntem Kalk verschlossen ist. Durch die eine Öffnung ist das bekannte und von Heraeus angefertigte Thermoelement geführt, während durch die andere mittelst eines Fernrohrs die Vorgänge in dem Iridiumrohr beobachtet werden. Der Ofen ist nun auch für elektrische Heizung eingerichtet und gestattet in bis jetzt einziger Weise nicht nur außerordentlich hohe Temperaturen zu messen, sondern auch dauernd zu beobachten.

Die Temperaturen wurden mit dem bis 2100° reichenden Thermoelement, bestehend aus reinem Iridium gegen eine Iridiumruteniumlegierung gemessen. Das Thermoelement war mit einem von der phys.-techn. Reichsanstalt geaichten Normalelement bis auf 1600° verglichen worden; die höheren Temperaturen wurden nach Feststellung der dem Schmelzpunkt des Platins entsprechenden thermoelektrischen Kraft durch Berechnung ermittelt. Mit Hilfe des neuen Ofens in Verbindung mit der Iridiumröhre und dem Iridiumthermoelement ist es nun möglich alle praktisch in Betracht kommenden Hitzegrade in einem bis auf die obigen Öffnungen geschlossenen Ofen zu erzeugen und zu messen. In diesem Ofen wurde unter Zugrundelegung des Schmelzpunktes von Platin = 1780° das Schmelzen (ausgedrückt in Celsiusgraden) von reinem Korund, Bergkristall und ferner von Segerkegel 36 und 37 bestimmt. Gefunden wurde:

Korund schmilzt	bei	1865°	C.
Bergkristall	„	1705°	„
Segerkegel 36	„	1785°	„
Segerkegel 37	„	1800°	„

Es ist damit in exakter Weise folgendes festgelegt, was der Verfasser früherhin nur mehr andeutungsweise behaupten konnte, mit Hilfe geringerer Versuchsmittel und nur auf Grund einer bei äußerster Anstrengung annähernd hoch erreichten Temperatur [1]):

1. Die chemisch reine Tonerde ist höchst schwerschmelzbar und schmilzt

---

1) Dem Verf. gelang es nur, Iridiumstückchen in einer eingeschlossenen Tonerdekapsel zusammenzuschweißen, aber nicht zu schmelzen. S. Seite 117, III. Kap.

später als reines und rein erhaltenes Platin, sowie auch die Kieselsäure sich als leichter schmelzbar erwies.

2. Die Mischung aus beiden Komponenten schmilzt in Bestätigung des bekannten Gesetzes eher als jeder der Komponenten für sich. Mit der Einführung des hochinteressanten Ofens ist ein besonders bedeutungsvoller Schritt getan, der noch unabsehbare wissenschaftliche Fortschritte ahnen läßt, und hat Heraeus damit sich ein außergewöhnliches Verdienst um die keramische Wissenschaft erworben. So wurde dadurch entschieden, was der Verfasser schon früher behauptet, daß die Segerkegel eher schmelzen als von Seger angenommen wurde.

FÜNFTES KAPITEL.

Anwendung des Tones.

Allgemeine Bedingungen bezüglich der Darstellung feuerfester Fabrikate.

Bei der Herstellung von feuerfesten Fabrikaten [1]) haben wir an die Spitze zu stellen, daß so sehr auch dabei die Schwerschmelzbarkeit in Betracht kommt, dennoch nicht diese Eigenschaft einzig und allein maßgebend ist. Bildet doch die Feuerbeständigkeit das Produkt verschiedener Faktoren, welche sind: die Schwerschmelzbarkeit, Dichtigkeit, Festigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen die Berührungmittel. Alle diese Anforderungen sind mehr oder weniger, stets meist gleichzeitig, zu berücksichtigen oder machen sich als Bedingung in verschiedenen Beziehungen geltend. Nach Jochum stellt sich in bezeichnender Weise „die Widerstandsfähigkeit der feuerfesten Fabrikate als eine Summe der Funktionen der chemischen und physikalischen Eigenschaften" dar. (Jochum, Vortrag im Pfalz-Saarbrücker Bezirksverein deutscher Ingenieure, Juli 1894.) Zuerst möge hier die pyrometrische Frage und hierauf die physikalische abgehandelt werden.

Pyrometrische und chemische Bedingungen. — Für jedes feuerfeste Fabrikat muß bei seiner Bereitung als Grundbedingung daran festgehalten werden, daß das zu verwendende Material resp. das bestehende Gemenge aus einer Mischung verschiedener Stoffe, seiner Beschaffenheit wie Zusammensetzung nach, pyrometrisch tauglich, d. h. ausreichend schwerschmelzbar sei. Einer Täuschung darf in dieser Hinsicht kein Fabrikant sich hingeben, denn wozu nutzt alles anderweitige Künsteln, wenn der betreffende Gegenstand den bestimmt verlangten Hitzegrad nicht zu ertragen vermag, wenn er darin zusammenschmilzt, statt sich hinreichend lange zu erhalten. Hierzu

1) Die feuerfesten Fabrikate, in verschiedenen Fabriken mit dem unzutreffend übertragenen Namen „feuerfeste Produkte" bezeichnet oder in Österreich „feuerfeste Erzeugnisse", werden verwendet in der keramischen und ihr verwandten Industrieen. Die feuerfeste Tonindustrie ist eine verhältnismäßig noch junge, kaum mehr als vier Jahrzehnte alt und erst bei uns ins Große gewachsen seit dem Aufschwung der metallurgischen Produktion. Die feuerfeste Ware findet außer in der metallurgischen und der Montanindustrie, kurz gefaßt überall da Verwendung, wo man sich der Öfen bedient, welche einen höheren Hitzegrad auszuhalten haben. Die Fabrikation der Tonwaren überhaupt ist bekanntlich eine sehr alte. Nachweislich sind bereits im Jahre 2698 vor Christi Geburt in China Tonfabrikate hergestellt worden und wurde schon im Jahre 2000 vor Chr. porzellanartiges Steinzeug angefertigt.

kommt, daß uns für rein pyrometrische Fragen, sofern man sich nicht mit dem in der Regel gewählten Zusatz mehr schwerschmelzbarer Materialien hilft, die vielseitigen Hilfsmittel, deren sich die Tonindustrie sonst erfreut verlassen, und auch selbst sogenannte speziell chemische Mittel nur wenig auszurichten vermögen [1]).

Der Fabrikant feuerfester Waren muß jedenfalls seine Materialien pyrometrisch wie auch chemisch kennen und will er eine bestimmte Massenkomposition oder überhaupt Verbesserungen erzielen, so ist, wie gesagt, eine genaue Kenntnis der chemischen Zusammensetzung nicht zu umgehen. In einer gut geleiteten Fabrik ist daher die Kontrolle der Fabrikation durch fortlaufende pyrometrische Bestimmungen, sowie durch chemische Analysen, namentlich eines jeden neu einlaufenden Materials, unentbehrlich.

Physikalische oder mechanische Bedingungen. — Dann aber tritt an den Praktiker, der ja nur in seltenen Fällen das Material als solches allein verwendet, als zweite Frage der Fabrikationsmethode die mechanische heran, welche sich damit beschäftigt, das oder die betreffenden Materialien in der zweckentsprechendsten Weise zu einem geschlossen Ganzen zu verbinden, d. h. dem Fabrikate die genügende Formbarkeit, Dichtigkeit, Festigkeit und Härte, jedoch unbeschadet einer gewissen Zähigkeit, und zwar sowohl außer als auch im Feuer zu geben, wobei nicht bloß die Größe des Korns, des Zusatzes, dessen Gestalt und Anordnung, sondern auch dessen physikalisches und im engeren Sinne das speziell physische Verhalten beim Glühen eine gewichtige Rolle spielt. Es handelt sich um die dem Auge erkennbaren Eigenschaften und Erfordernisse, um die bestimmte notwendige Kohäsion oder den gegenseitigen inneren wie äußeren Zusammenhang, ja die möglichste Kontinuität des Gefüges, und sollen die genannten Eigenschaften vorerst nicht nur nach dem Brennen genügend günstig sich einstellen, sondern sich ebenso beim Gebrauch längere Zeit erhalten. Je dichter, dem Nachfolgenden vorgreifend eine Masse zubereitet, geglättet und gepreßt wird, je langsamer das Trocknen vor sich geht, je intensiver das Nachpressen geschieht, je allmählicher das Aufwärmen beim Brennen, je höher und dauernder die Hitze dabei gehalten wird, desto widerstandsfähiger auch wird sie sein.

Wie die Gefügedichtigkeit des Tones oder einer Fabrikatmasse bei der Formgestaltung und Formerhaltung eine große Rolle spielt, so ist sie auch

1) Man hat zwar vorgeschlagen und sind in England darauf Patente genommen worden, Tone künstlich mit rein chemischen Mitteln, so besonders vom Eisen zu befreien und damit auch feuerfester zu machen (so soll das Eisenoxyd entweder durch reduzierende Agentien in lösliches Eisenoxydul oder durch Glühen des Tones mit verschiedenen Sulfaten in unlösliches Schwefeleisen und lösliche Tonerdeverbindungen verwandelt werden); doch dürften solche Wege nicht weiter verfolgt worden sein und ist darüber in der Literatur nichts bekannt geworden.
Zur Entfernung des Eisens, wie des Kalkes wäre etwa, um zugleich nur eine möglichst geringe Menge der wertvollen Tonerde mit auszuziehen und auch den Säureverbrauch ökonomischer einzurichten, durch Anwendung einer sehr verdünnten Säure zu helfen, deren Menge dem Eisen- und Kalkgehalte entspricht oder diese Bestandteile in äquivalenter Beziehung nicht viel übertrifft. Die enstandenen Eisen- und Kalksalze sind in diesem Falle auszuwaschen und ist alsdann am zweckmäßigsten ein eigentliches Schlämmen damit zu verbinden. Das Wasser laugt dabei Alkalien aus, wie nach Daubrée und andern vom Kaolin festgestellt wurde. Nach der Chemiker-Zeitung 1892 wird empfohlen, Bauxit oder andere Rohmaterialen vom Eisen zu befreien durch Salzsäuregas, welchem etwas Chlor beigemischt ist. Man leitet das Gasgemisch über das erhitzte Bauxitpulver, das Eisen soll sich in Form von Eisenchlorid verflüchtigen.



von wesentlichem Einfluß auf die Festigkeit des Objektes und daher von dem Fabrikanten besonders zu beachten [1]). Ob ein Fabrikat sich saugend oder undurchdringlich, besonders gegen die Ofenschlacke verhält, ist von großer Wichtigkeit. Weiterhin ist noch dafür zu sorgen, daß dasselbe im Feuer nicht oder möglichst wenig schwinde, aber auch nicht beträchtlich wachse.

Wie einerseits die pyrometrische Widerstandsfähigkeit, die man auch als Standbarkeit im Feuer bezeichnet, das unerläßliche chemische Hauptmoment bildet, so ist in vielen Fällen die mechanische Haltbarkeit, und zwar in umfassendem Sinne[2]), die notwendige physikalische Bedingung, ohne deren glückliche Erfüllung auch das beste, feuerfeste Material nicht zu benutzen ist oder bei verfehltem mechanischen Zusammenhalt seinem Untergange doch mehr oder weniger rasch entgegen geht. Die Theorie und die Praxis, die Wissenschaft und die Erfahrung, diese zwei oft sich unnötig bekämpfenden statt ergänzenden Prinzipien müssen hier wie überhaupt in Wechselbeziehung zu einander treten, ja sie sollen stets zusammen gehend das gesteckte Ziel verfolgen. Beide dürfen sich nicht feindselig gegenüberstehen; denn was hilft es dem fortschreitenden Theoretiker, wenn er auch die beste Zusammensetzungsweise und selbst das allerschwerstschmelzbare Material nachweist, wenn nicht der Empiriker entgegenkommt und damit einen unabweisbaren Dienst leistet. Auch die vollendetste Theorie gewinnt, wie selbstredend, durch die Möglichkeit der Ausführung erst Leben, wird nutzbringend und erfolgreich, wie umgekehrt der bekannte Satz gilt „ein Probieren ohne die Wissenschaft als Leitstern ist ein blindes Umherirren in dem unbegrenzten Reiche der Möglichkeiten.“

Noch ist zu bemerken, daß die pyrometrische Frage in der Regel durch einen oder wenige Versuche zu entscheiden ist; die physikalische Aufgabe dagegen verlangt die Erfüllung einer Reihe von Bedingungen, sie setzt daher eine weit umfassendere und tiefergehende Kenntnis des Materials voraus, weshalb auf sie auch wohl in erster Linie und von mehreren Forschern in kampfeslustiger Weise verwiesen worden ist. Schließt sich den pyrometrischen und analytischen Bestimmungen die regelrechte physikalische Untersuchung an, so wird diese Vereinigung zu jedem rationellem Betriebe das erwünschteste

---

1) Bei einer dichtern Masse befinden sich mehr Teilchen in der Raumeinheit.

2) Hierhin, gehen wir noch auf die Einzelheiten ein, ist zu rechnen die Widerstandsfähigkeit gegen Temperaturwechsel, ferner gegen die erwähnten Berührungsmittel im Feuer und deren chemische Angriffe und beziehungsweise Undurchdringlichkeit gegen geschmolzene Materialen wie auch Gase.

Die Heizmaterialien greifen, wie oben besprochen, je nach der Qualität wie Quantität ihrer Beimengungen, welche letztere sich in den Aschenbestandteilen anhäufen, die feuerfesten Fabrikate verschieden an, aber stets um so energischer, je leichter sie eindringen und je höher der erreichte Hitzegrad ist. Bei sonst gleichen Verhältnissen ist z. B. für Fettkohle dem feuerfesten Materiale eine andere Zusammensetzung zu geben als für magere Kohle. Die Wandungen, welche den Rost einer Feuerung umgeben, verlangen eine widerstandsfähigere Masse, als diejenigen, welche nur von der Flamme bestrichen werden.

Was das Vertragen von Temperaturwechsel angeht, so verhält sich eine Masse um so unempfindlicher, wenn dieselbe recht mager, recht grobkörnig, recht porös und wie Aron sagt (Notizbl. X, 157) von Anbeginn recht rissig hergestellt ist, so daß eine durch eine Temperaturerhöhung an einer vereinzelten Stelle entstehende und als Riß sich äußernde Spannung, sich nicht der ganzen Masse mitteilt, sondern an dem nächsten Haarrisse ihre Begrenzung findet und der Riß sich nicht weiter fortsetzt.

Mittel abgeben, welches zur rechtzeitigen Verhütung von Fehlern und sonst unbewußten Mißgriffen oder Täuschungen dient.

Ökonomische Bedingungen. — Nachfolgend hat sich die ökonomische Seite anzuschließen, welche eine Menge von Gesichtspunkten umfaßt. Es handelt sich dabei nicht allein darum, wie man am vorteilhaftesten oder am billigsten fabriziert, ohne Unterlassungsfehler, und daß man sich nicht verführen läßt, mehr Wert auf ein billiges als gutes Fabrikat zu legen. Billigkeit darf nicht Mangelhaftigkeit sein. Für den Konsumenten dürfte als richtiges und auch praktisch bewährtes Prinzip gelten, stets das Beste, was nur zu bekommen ist, zu wählen und den Preis der Ware mehr als einen Gesichtspunkt von sekundärer Bedeutung zu behandeln. Hier gilt mehr als anderswo der Satz: „das Billigste ist oft das Teuerste und das Beste in der Regel das Billigste."

Von Bedeutung ist ein methodischer und kontinuierlicher Betrieb, wie man die großen Massen mit geringstem Zeit- und Geldaufwand mittelst Elevatoren[1]), Aufzügen, Schienennetzen bewältigt, jedenfalls unnützen Hin- und Hertransport vermeidet und nach bestimmtem System das Ineinandergreifen der verschiedenen Operationen sich zum Ziele setzt; ferner, wie man die gegebenen Verhältnisse in nächster und gelegenster Nähe überwacht, beherrscht und ausnutzt, sich unabhängig macht von Zufälligkeiten oder unkontrollierbaren Umständen und zuweilen rein äußere Dinge zu wesentlichen, eine Konkurrenz ausschließenden macht. Erinnern wir uns dabei, daß die Praxis nicht das absolut Beste bedingungslos sucht, sondern das Gute, sofern es für sie am billigsten und am leichtesten erreichbar ist. Ein voraussichtiger Fabrikant wird endlich, hat er einmal auf Grund umfassender Kenntnis der Eigenschaften der Rohmaterialien seine bestimmte Wahl getroffen, stets bedenken, wie ein Wechsel des Betriebes immer mit mannigfachen Schwierigkeiten verbunden ist und oft unerwartete Ungelegenheiten bereiten kann.

Ein ökonomisches Ziel, das oft gesetzt wird und darauf hinaus geht, an Bearbeitung, dem Homogenisieren oder innigem Mischen usw. der Materialien zu sparen oder rücksichtslos im Minimum der Zeit das Maximum der Produktion zu erzielen, ist nur mehr oder weniger auf Kosten des Fabrikats zu erreichen. In der Fabrikation feuerfester Erzeugnisse ist das Sprichwort: „Eins paßt nicht für Alle" durchaus nicht zu übersehen, wo der obenanstehende Grundsatz zu beachten ist, daß das feuerfeste Fabrikat dem bestimmten Zwecke oder den besonderen Erfordernissen wie Bedürfnissen jedesmal angepaßt werden muß. Jedes feuerfeste Fabrikat gehört, wie gesagt, an seinen bestimmten speziellen Verwendungsplatz. Ein kieselsäurereicher Stein ist da nicht angebracht, wo er Gelegenheit findet basische Stoffe aufzunehmen, wie umgekehrt eine sehr basenreiche Masse eine Berührung mit feinem Staubsande nicht vertragen kann. Ein pyrometrisch höchst stehender Stein am falschen Orte kann sogar daselbst sich wesentlich schlechter verhalten als ein pyrometrisch tiefer stehender.

Eine umsichtige Fabrikation wird alsdann das Wohl der Arbeiter mit den zweckdienlichsten Einrichtuugen für die Arbeit selbst verbinden durch Herstellung recht luftiger, lichtvoller, auch kühler und so weit das angeht, abge-

1) M. s. Transportvorrichtungen auf den Ziegeleien, von Eckhart, Töpfer- u. Ziegl.-Ztg. 1880, Nr. 28; ferner Tonelevatoren, Ebenda 1886, Nr. 10 usw.



sonderter Räume, um namentlich das gesundheitswidrige, oft so fatale Stauben in den Tonfabriken zu vermeiden [1]).

So hat denn jede Fabrikation die genannten bedingenden Gesichtspunkte zu Rate zu ziehen, und je mehr eine solche alle drei zugleich, wenn auch bald der eine bald der andere mehr in den Vordergrund tritt, im innigsten Zusammenhange zu erfüllen weiß, um so Besseres wird sie leisten, um so konkurrenzfähiger ist sie. Dazum kommt, daß die Industrie der feuerfesten Tone gleich der Tonindustrie überhaupt sich verschiedener, kompensierender Stoffe zugleich bedienen kann. Bei recht hohen Anforderungen, oder wo alles auf die Zuverlässigkeit ankommt, wie z. B. in Glashütten oder bei Stahlschmelztiegeln usw. sind die beiden ersten Bedingungen in den Vordergrund zu stellen und tritt alsdann in die dritte, besonders so weit es sich um billigstes Malerial handelt, als nicht bestimmend zurück.

Noch ist zu erwähnen, daß die Anlage einer Fabrik hervorragend feuerfester Artikel nicht wie bei den Ziegeleien von der Nähe des Tonlagers abhängig ist; denn nicht sowohl die Menge des Rohmaterials, als vielmehr die Arbeitslöhne, sowie andere Rücksichten, namentlich hinsichtlich unmittelbaren leichtesten Ab- und Aufladens, sind hier entscheidend.

Fabrikation im allgemeinen.

Zubereitung der Masse. — Alle zerkleinerten Materialien, wofern sie nicht gleich verarbeitet werden, die verschiedenen Sorten Tonmehl, die Schamotte, der Quarz in wechselnder Korngröße usw., müssen sorgfältig getrennt gehalten und aufbewahrt werden. Die Vorratsmagazine sollen sich in unmittelbarer Nähe der Zerkleinerungs- und Mischungslokalitäten befinden, müssen gegen Wind und Wetter geschützt und mit einem harten Holzboden versehen sein, auf welchem die verschiedenen Materialien in ihren besonderen Abteilungen aufgeschüttet werden. Was die Verarbeitung angeht, so können ja die Tone mit Ausnahme der Schiefertone, einiger Rohkaoline und sandhaltiger Tone, nach dem Feinmahlen und Zusetzen von Wasser nicht sofort verarbeitet werden, sondern es bedarf, wie bekannt und schon erwähnt, einer Beimengung von Magerungsmitteln, um dem Schwinden entgegen zu wirken, oder die Haltbarkeit im Feuer zu vermehren und auch ihre Feuerbeständigkeit zu erhöhen. Alle mit der Plastizität in Zusammenhang stehenden Erscheinungen, besonders die Wasseraufnahme und Trockenzeit des Tones vermögen wir mittelst der Magerungsmittel beliebig abzustufen und nimmt im allgemeinen mit deren Menge das Schwinden, wie die Trockenzeit ab. Sowohl je nach Beschaffenheit des Rohtones, als nach der Art des anzufertigenden Gegenstandes, ist bekanntlich das Verhältnis zwischen frischem Ton und Zusatz, so-

1) Zur Vermeidung des Staubens gibt es bekanntlich verschiedene neue Einrichtungen. Unter anderen sei hier verwiesen auf die Lüftungsanlagen von Beth in Lübeck. Zur Beseitigung des Staubens beim Anmachen der Tongemenge ist die Meisel-Zeyemsche Mahlfeuchtungsmaschine anzuführen, welche staubfrei arbeitet. Tonindustrie-Ztg. 1896 Nr. 12. Bezugsquellen für geeignete Entstäubungsanlagen finden sich im Inseratenteil sowie Bezugsquellennachweiser der angegebenen Zeitschrift. Inbetreff des Schutzes bei Staubarbeiten ist noch zu erwähnen ein von der Tonindustrie-Zeitung 1902 Nr. 135 besonders empfohlenes Buch „Schutz der Staubarbeiter“ von Karl Hauck, Ingenieur und Gewerbeinspektor, worin eine Reihe von Beispielen angegeben ist, wie die verschiedenen Arten der Staubverhütungsvorrichtungen im Betriebe anzuwenden sind.



wie die größere oder geringere Zerkleinerung der letzteren verschieden zu wählen. Mit der Fettigkeit des Tones pflegt die Menge des Magerungsmittels zuzunehmen [1]), sowie dessen Korngröße mit der Größe des darzustellenden Gegenstandes. Den im gebrannten Zustande zu verwendenden Ton (Schamotte) muß man, wie bereits oben erörtert, durch anhaltendes und genügend starkes, doch nicht übertriebenes Brennen auf sein möglichst unveränderliches Volumen bringen, damit er in den fertigen Fabrikaten nicht oder höchst wenig schwindet.

Das Mengen der Materialien geschieht, wie oben eingehender besprochen wurde, mit der Hand mittels Kneten, Schaufeln und Schlagen, durch Treten und mit Hilfe von Maschinen. Zugleich möge hier ein einfaches Schema, wie man namentlich bei zusammengesetzen Gemischen die Gemengteile übersichtlich zusammenstellt, angeführt werden, dessen nähere Erläuterung sich von selbst ergibt.

Mischungen	Ton a.	Ton b.	Ton c. usw.	Schamotte a.	Schamotte b. usw.	Sand a.	Sand b. usw.	Feldspat usw.	Bemerkungen
1.	1	—	—	—	—	—	—	—	
2.	—	1	—	—	—	—	—	—	
3.	—	—	1	—	—	—	—	—	Ton kohlehaltig.
4.	1	—	—	1	—	—	—	—	Schamotte a von mittlerem Korn.
5.	2	—	—	2	1	2	—	—	Schamotte b v. grob. Korn 12 mm.
6.	3	1	1	1	1	1	1	1	Schamotte, stark sand- wie feldspathaltig von feinem Korn.
etc.									

Die Mischungen von 1—3 entsprechen den einzelnen Tonsorten je für sich bei Mischung 4 kommt auf ein Teil Ton a ein Teil Schamotte a, bei 5 kommen noch andere Schamottesorten, wie Sand und in verschiedenen Verhältnissen hinzu usw.

Fahren wir fort in der Beschreibung der Herstellung der Mischungen. Zuerst mengt man das trockene Tonmehl nach dem ermittelten und festgestellten Verhältnis mittelst Handeimer [2]) und Durchschaufeln mit den Zusätzen, etwa in einem viereckigem Kasten von 15 cbm Inhalt, hierauf setzt man meist nur soviel Wasser zu, als für das Formen der Gegenstände und deren Haltbarkeit beim Trocknen unbedingt nötig ist. Dadurch wird allerdings das Trocknen der Produkte erleichtert, indem es minder großer Räume und kürzerer Zeit zum Trocknen bedarf, jedoch ist nicht zu übersehen, daß ein gewisser, nicht zu sparsamer Wasserzusatz d. h. ein Annähern an einen weichen, breiartigen Zustand das gleichmäßige Durchmengen ganz wesentlich erleichtert und befördert, wobei auch dann die Fabrikate meist dichter werden. Diese subtile Aufgabe des richtigen nicht zu geringen, aber auch nicht zu reichlichen Wasserzusatzes ist im allgemeinen als ein noch recht wunder Fleck in vielen Fabriken zu bezeichnen. Je nachdem man die eine oder andere der bezeichneten Aufgaben obenan stellt, wird der einsichtige Fabrikant seine Masse

1) Aus dieser Fähigkeit zieht man in der Praxis nicht selten Gewinn.

2) Ein solches Abmessen nach Raumteilen zieht der Großbetrieb wegen der raschern und leichtern Handhabung vor, doch verdient das genauere Abwiegen der stets gleich lufttrockenen Materialien den Vorzug und ist dem Maße zu Grunde zu legen.

bald trockner, bald nässer herstellen. Als Norm kann gelten, daß die zu formende Masse, abgesehen vom trockenen oder halbtrockenen Wege, von der Konsistenz des Brotteiges sei. Auf die meist nicht genug beachtete Aufgabe der Herstellung einer dichten, körperhaften, konsistenten wie strukturlosen Masse vermittelst der Verarbeitung, kommen wir noch weiter unten zu sprechen.

Vermengen der Masse durch Treten und Schlagen. — Diese Art des Vermengens des mit Wasser befeuchteten Tones mit dem Versatze ist wie weiter unten folgt und worauf wir hier verweisen, in Glasfabriken im Gebrauch. Man breitet die Ingredienzien auf einer gedielten Fläche oder in länglichen Kisten, in Lagen übereinander aus, schaufelt gehörig um, befeuchtet das Gemenge gleichmäßig mit Wasser, arbeitet dasselbe wiederholt durch, läßt die entstandenen Klumpen sich wenigstens einige Stunden, auch wohl 1—2 Tage setzen und tritt sie so lange mit den bloßen Füßen — was noch heute zuweilen für die zweckdienlichste und durch Maschinen nicht völlig ersetzbare Operation gehalten wird — durch, bis sie gleich weich und gleichmäßig feucht erscheint, ohne kleben zu bleiben und hinreichend homogen geworden, was man daran erkennt, daß diese Masse keine der oben angegebenen Ungleichheiten zeigt, sowie sämtliche gröbere Teile gleichmäßig von Ton eingehüllt oder umgeben sind. Nach dem Treten teilt man die Masse in Klumpen von 5—6 kg und wirft diese mit aller Gewalt gegen den Boden, so daß der folgende immer die Ränder des vorhergehenden breit gewordenen Klumpens bedeckt, tritt abermals durch, schlägt die möglichst steife Masse dann auf einem massivem Tisch mit eisernen oder hölzernen Schlägeln eine gewisse Zeit durch, worauf sie nochmals in Klumpen geteilt und an einem feuchten Ort, auch mit feuchten Tüchern überkleidet, aufbewahrt wird, um sie, noch weiter gehend, durch Faulenlassen zu verbessern. Durch das wiederholte Treten und anhaltende Durchschlagen soll man eine dichtere, gleichmäßigere und weniger schwindende Masse erhalten.

Vermengen durch Kneten in Knetmaschinen. — Man macht auf einer glatten Fläche ein trockenes Gemenge von dem rohen Ton und dem Zusatz, feuchtet dasselbe oberflächlich mit Wasser an, läßt es einige Stunden stehen, bis das Wasser den Ton gehörig durchzogen hat und hierauf durch die oben beschriebene Knetmaschine (Tonschneider) gehen, indem man zur Erleichterung der Maschine dem Gewichte nach etwa noch 18—20 Proz. Wasser hinzugefügt. Übergibt man ohne weiteren Wasserzusatz die Masse dem Tonschneider, so wird ein um so dichteres Produkt erhalten.

Das Faulen. — Es ist hier auf die im vorigen Kapitel S. 217 enthaltenen eingehenden Mitteilungen über das Faulen zu verweisen, dessen endgültiger Wirksamkeit, namentlich in der Porzellanfabrikation von jeher außerordentliches zugeschrieben worden ist. Für die feuerfesten Tone ist, wie bekannt, die trockene Vorbereitung in Gebrauch; für die Tonmasse jedoch bedient man sich da, wo es mit höheren Anforderungen auf die Erreichung höchster Homogenität und Anfertigung dichter Geräte ankommt, so teilweise für Tiegel, Glashäfen, Zinkdestilliergefäße, Muffeln oder Röhren usw. des Faulens, Fermentierens oder Maukens.

Trocknen der Tonmassen.

Die erste Entfernung des Wassers aus einer Tonmasse (Ansteifung) geschieht durch Absetzen, durch trockenen Zusatz oder auch mittelst Filterpresse, sowie das Trocknen selbst durch Luft- und Wärmezufuhr. Bei Benutzung eines

feuchten Tones zu feuerfesten Fabrikaten empfiehlt es sich, denselben stets vorher zu trocknen, da nur gut getrockneter Ton sich in Wasser, wie gesagt wird, vollständig löst, d. h. in feinste Partikelchen zerfällt, während frischer Ton tagelang im Wasser liegen kann, ohne daß dasselbe durch und durch eindringt und daher immer größere Tonklümpchen übrig bleiben, welche Veranlassung geben zur Bildung unhomogener Gemenge. Das weitere Austrocknen der zum Brennen gelangenden Tonwaren, das den Zweck hat, dieselben insoweit hart zu machen, daß sie sich unbeschädigt in den Ofen einsetzen lassen [1]) und namentlich bei Steinen die Last mehrerer aufgestapelter Schichten vertragen, findet, wie angedeutet, entweder an der Luft in Stellagen oder durch künstliche Wärmezufuhr und dadurch bewirkte Luftbewegung statt. In letzterem Falle muß das Trocknen vorsichtig geschehen und eine gewisse Zeit haben. Ein ungleichmäßiges oder zu jähes Trocknen zieht viele Übelstände nach sich. Am vorsichtigsten ist die auflagernde Fläche eines Trockenobjektes zu beachten; für diese behindert die eigene Schwere den Luftzutritt.

Die Austrockung findet von der Oberfläche aus statt und muß in einem richtigen Verhältnisse zu der kapillaren Fortbewegung der Feuchtigkeit aus dem Innern stehen. Es rücken bei zweckdienlicher Trocknung in dem Maße, als das Wasser verschwindet, die festen Teilchen infolge der Adhäsionskraft einander näher, jedoch nur bis zu einem gewissen Punkte und tritt so eine Volumenverminderung (Schwinden) ein [2]). Je größer das Schwinden des verwendeten Tones oder je fetter derselbe, desto mehr Zeit erfordert das Trocknen. Bei zu schnellem Trocknen, wenn das Wasser der Oberfläche rascher entzogen wird, als durch die Poren aus dem Innern nachdringen kann, gehen die Bedingungen zu einem allmählichen Ausgleich der vor sich gehenden Volumenänderungen verloren. Es tritt ein unregelmäßiges Schwinden und infolge dessen ein Rissigwerden des Objektes ein. Die Schwindungskraft wirkt zwar nach allen Richtungen gleich, ist aber ein geformtes Werkstück nicht homogen durchfeuchtet, hier weich, dort steif, so schwindet wie begreiflich, die weiche Stelle mehr, während die steifere Masse nicht in gleichem Maße folgt, und so findet beim Trocknen ein Reißen statt. Wird die äußere Kruste allzu rasch trocken und infolgedessen zu dicht, so setzt sie dem Austritte des Wassers Hindernisse entgegen, welches sich, wenn die Temperatur hinreichend ist, in Dampf verwandelnd die Hülle durchbricht, den Stein zerreißt oder gänzlich zertrümmert.

Wie schon angedeutet, trocknen die Tonarten an der Luft sehr verschieden, bald rasch und ohne Risse (die lockern Tone), bald langsam und sehr schwierig (die fetten und besonders die zugleich kohlereichen Tone) und ist nur bei der größten Sorgfalt eine Rissigkeit der Ware zu vermeiden [3]). Beim natürlichen Trocknen an der Luft, das im Freien abhängig ist von der natürlichen Bewegung der Luft, oder in bedeckten, offenen oder geschlossenen Schuppen oder auch über und neben dem Ofen bei einem verschlossenen Ofen-

1) In der gewöhnlichen Ziegelfabrikation nimmt man zum Trocknen an freier Luft mindestens 14 Tage, meist mehr an. Wie Michaelis erwähnt können erdfeuchte Materialien in großen Mengen zweckmäßig in rotierenden Trommeln getrocknet werden- Zöpfer u. Ziegl.-Ztg. 1897 Nr. 19.

2) cf. Aron und Seger, die Schwindungsverhältnisse. (Notizbl. 1873, S. 167.)

3) In betreff der MOmente, wovon die Trockenzeit bei Ziegeln abhängig ist, s. man Olschewsky (Notizbl. 1884, S. 85). Partien eines Trockenobjektes kann man gegen zu schnelles Trocknen dadurch schützen, daß man dieselben mit feuchtem Papier beschlägt und auf dieses feuchte Tonplatten legt.

hause geschieht, verliert die alsdann erst außen und hierauf nach innen immer heller werdende Tonmasse den größten Teil ihres Wassergehaltes. Es bleiben aber stets 12—25 Proz. chemisch gebundenes und hygroskopisches Wasser[1]), darin, welche durch künstliche Wärme ausgetrieben werden müssen. Durch Zusetzen der trocknen Magerungsmittel wird das Trocknen erleichtert und bietet daher bei feuerfesten Fabrikaten, wo dieser Zuschlag in reichem Maße geschieht, selten größere Schwierigkeiten dar, es kann ohne Schaden verhältnismäßig rasch bewirkt, darf aber dennoch nie übereilt werden, so daß eine Auflockerung der Masse eintritt.

Bereitet die Eigenart eines Fabrikats beim Trocknen größere Schwierigkeiten, so gewährt die aufmerksame Beobachtung von Thermometer und den nachfolgend beschriebenen Hygrometern, sowie Verdunstungsmessern stets das erfolgreichste Mittel zur Feststellung der Trocknungsbedingungen in bezug auf Wärme- und Luftbewegung.

Künstliches Trocknen. — An Stelle des Trocknens auf natürlichem Wege, welches abhängig ist von Witterungswechsel und Jahreszeit, macht die Kunsttrocknung oder die durch künstliche Mittel beschleunigte Bewegung der Trockenluft, die Herstellung der feuerfesten wie sonstigen Fabrikate zu einer geordneten und zugleich rationellen; es wird so ein fabrikmäßiger Betrieb geschaffen und ist daher künstliches Trocknen jetzt die fast allgemeine Regel. Es kommt dabei auf die möglichst langsame Zufuhr der erforderlichen Wärme an. Um einen gewissen Anhalt zu geben, welches Wärmequantum erforderlich ist, um einen frisch geformten Ziegel genügend auszutrocknen, mögen hier die darüber angestellten Berechnungen von Olschewsky angeführt werden.

Trocken-Wärmeeinheiten. — Nach dem genannten Autor (Zieglerkatechismus S. 141)[2]) verbrauchen 100 kg Ton, welche zirka 20—25 frisch geformten gewöhnlichen Ziegeln entsprechen und durchschnittlich 20 kg Wasser enthalten, zur Austreibung des Wassers 10800 Wärmeeinheiten. Rechnet man, daß 1 kg Steinkohle mittlerer Qualität zirka 5400 Wärmeeinheiten entwickelt, so würden für die 20—25 Steine 2 kg Steinkohle ausreichen, wenn die bei vollständiger Verbrennung entwickelte Wärme für die Trocknung vollkommen nutzbar gemacht würde. Wird ferner der wirkliche Nutzeffekt unserer Trockeneinrichtungen im Mittel zu 50 Proz. gesetzt, so würden zur Austreibung des Wassers aus 20—25 Steinen 4 kg Steinkohle oder zur Trocknung von 1000 Steinen 150—200 kg Steinkohle mittlerer Qualität erforderlich sein. Die künstliche Trocknung verlangt somit einen ziemlich beträchtlichen Brennmaterialaufwand. Für den fabrikmäßigen Betrieb besteht demnach die Aufgabe, die Trockenwärme sich nicht nur so wohlfeil als möglich zu verschaffen, indem man diese vorhandenen Wärmequellen, welche anderweitigen Zwecken dienen, entnimmt, sondern auch mit größter Umsicht auszunutzen sucht. Ist es möglich, die Maximaltemperatur anzuwenden, welche der Trockenkörper verträgt, so ist das Trocknen am sparsamsten. Aus den nachstehenden

1) Zwischen dem chemisch gebundenen und hygroskopischen Wasser gibt es in Wirklichkeit keine bestimmte Grenze.

2) Ferner s. man von demselben Verf. Darlegung nebst Beispielen, wie man die Daten zur Feststellung der Trockenzeit erhält (S. 214—222). Man s. weiter Ohle, über künstliches Trocknen und Trockenanlagen mit besonderer Rücksicht auf atmosphärische Einflüsse. (Tonind.-Ztg, 1886, Nr. 25.)



Zahlen geht dies hervor. Nach Weigelin[1]) enthält wassergesättigte Luft pro Kubikmeter:

bei	20°	30°	50°	70°	100	
	17,1	30,1	82,3	195,3	589,5	g Wasser.

Ist die Luft nur zu 60 Proz. gesättigt, so enthält sie:

10,2	18,1	49,4	117,3	355	g Wasser.

Direkte oder indirekte Benutzung der Trockenräume. — Die künstliche Trocknung, wie dieselbe vornehmlich bei bessern Ziegeln in Gebrauch ist, läßt sich, wenn man von der Transmissionswärme der Brennöfen oder der erhitzten ausgebrannten Öfen (Ringöfen und besonders Gasringsöfen) absieht, je nach der Art der Erzeugung und Verwendung der Wärme in drei verschiedene Systeme teilen. Als bereits angedeutetes Prinzip hat dabei neben billiger Beschaffung und Anwendung feuchter Luft das Verhüten einer plötzlichen und trocknen Erhitzung zu gelten. Das Trocknen wird herbeigeführt: 1. Durch direkte Heizung in einer Trockenkammer. 2. Durch Luft- oder Dampfheizung. 3. Durch Sohlenheizung. Im ersten Falle durchströmen die durch besondere Feuerungen erzeugten Rauchgase unmittelbar die zu trocknenden Ziegel. Man bedient sich dazu gemauerter Öfen, die an verschiedenen Punkten des Trockenraumes aufgestellt werden und deren 6—12 cm weite Abzugsröhren ziemlich bis unters Dach gehen. Die in eine schwache Rotglut versetzten Öfen saugen die Feuchtigkeit auf und verzehren die Dämpfe von unten, so daß die Wärme unten ebenso gut trocknet wie oben.

Im zweiten Falle wird die aus Brennöfen oder sonst frei werdende Wärme oder aber der abgehende Dampf von Dampfmaschinen in Röhren durch die Trockenräume geleitet, welche analog dem sogenannten Fischgrätensystem laufen und wozu man sich am besten eines hinzukommenden Ventilators (Exhaustors) oder Schornsteins bedient. Der Wasserdampf bewirkt durch sein großes Wärmesättigungs- und Wärmeleitungsvermögen, daß das Innere der Gegenstände eine höhere Temperatur annimmt, ohne daß die Oberfläche trocknet.

Im dritten Falle, der die meiste Anwendung findet, läßt man die Feuergase von einem außerhalb gelegenen Herde durch unter dem Fußboden befindliche Züge oder Kanäle zirkulieren, — Sohlenheizung — welche mit Schamotte- oder Eisenplatten überdeckt sind. Die Art der Herstellung der Fußböden richtet sich sowohl nach der verfügbaren Wärmemenge als der Empfindlichkeit des zu behandelnden Trockengutes. Ist dasselbe empfindlich, so darf der Trockenboden nicht durchbrochen sein, sondern muß dicht gehalten werden, wobei freilich das Trocknen ein geringeres ist. Kommen die Fabrikate unmittelbar auf die Züge zu stehen, so ist ein langsames Vorwärmen stets Bedingung, damit sie nicht gleich zu heiß und rissig werden. Bei feineren Fabrikaten wendet man besondere Gerüste an, mit deren Hilfe die Steine oder Ziegel auf Brettchen aus Holz oder wegen der Geradhaltung und Glätte auf Stein langsam getrocknet werden.[2])

Anzuführen ist hier die patentierte Einrichtung von Trockenkammern in Verbindung mit Ring- und Langöfen von Cohrs in Hamburg[3]). Die Er-

1) Notizbl. 1872, S. 249.
2) Man vergl. Töpfer-Ztg. 1879, No. 2.
3) Eine Abbildung findet sich im Leitm. Zentr.-Anz. 1887, Nr. 7.

findung verfolgt das Streben, die an und für sich ungleiche Trockenwirkung zu einer gleichmäßigen zu machen und in bezug auf Reißen empfindliche Tonware über dem Ofen auszutrocknen. Der Ring- oder Langofen wird mit einem dichten Dach versehen, welches über dem eigentlichen Ofen vortritt und sich am Ende auf ein rundlaufendes bezw. konzentrisch mit der Ofenform gehendes Mauerwerk stützt. In diesem Raume sind Trockengerüste nebst regelmäßig angeordneten Luftschächten mit schlitzförmigen Öffnungen angebracht, wodurch die erwärmte aber beständig erneuerte Luft von oben nach unten langsam und stetig gesaugt wird. Über die Bewährung dieser Trockeneinrichtung liegen günstige Berichte aus der großen Praxis[1]) wie von verschiedenen Berichterstattern vor. Auf den Werken von Holzmann & Co. in Frankfurt a/M. funktionierten die Cohrs'schen Trockenanlagen sehr zufriedenstellend bei den in den dortigen Gasringöfen hergestellten Verblendsteinen sowie Wasserleitungsröhren. Das Trocknen verlangte nicht die Hälfte der Zeit, wie in den gewöhnlichen Trockenschuppen. Lobend sprechen sich die Ingenieure Bock[2]), Lassen[2]) und Schmelzer[3]) über das Cohrs'sche Verfahren aus, welches zudem Lassen als „vollkommen richtig" bezeichnet. Verschiedener Meinung ist dagegen Rühne, der sich eine andere Einrichtung patentieren ließ. Rühne behauptet, daß bei dem Cohrs'schen Verfahren das Trocknen infolge mehrfach gestörten Luftzuges und der hohen, luftigen Räume mit großen Mengen gar nicht oder sehr wenig erwärmter Luft ein beschränktes sei, wodurch sich eine große Abhängigkeit von der Witterung und ein für viele Materialien schädliches, weil ungleichartiges Trocknen einstelle. Rühne macht daher den umgekehrten Vorschlag, wenig aber hochtemperierte Luft anzuwenden, sowie dichte, warme Räume unmittelbar über dem Ofen zu schaffen und nur möglichst gesättigte Luft von unten nach oben entweichen zu lassen[4]).

Trotz der oben angegebenen günstigen Urteile dürfte demnach das Cohrs-sche Trockensystem noch weiterhin zu beleuchten und vergleichende Versuche wie Ermittlungen mit ihm anzustellen sein.

Nach Michaelis[5]) wurde von Fellner & Ziegler in Frankfurt a/M. eine dem Kanalofen von Bock teilweise ähnliche Trockenanlage für unterbrochenen wie kontinuierlichen Betrieb konstruiert, bei welcher auf Schienen laufende, mit Trockenkörpern beladene Wagen durch einen Kanal geleitet werden. Die Trockenluft tritt durch schlitzförmige, regulier- und abschließbare Öffnungen innerhalb des Kanals unter der Sohle des Trockenraumes ein.

Über den in der früheren Auflage dieses Buches erwähnten ringförmigen Kanalofen von Bock, welcher Erfolge zu versprechen schien, sind bis jetzt keine weiteren Mitteilungen veröffentlicht worden, weshalb wir ein näheres Eingehen auf denselben hier unterlassen.

Besonders anzuführen ist noch eine in neuerer Zeit (1891) Hotop in Berlin patentierte Trockeneinrichtung. Gegenüber der oben beschriebenen teilweise ähnlichen Trockenanlage von Cohrs schließt Hotop den Trockenraum vollständig ab. Die Luft wird mittelst Ventilatoren durch die bekannen Trockengerüste gesaugt und zwar zeitweise von unten nach oben oder umgekehrt. Als

1) Notizbl. 1888, S, 61.
2) Tonindustrie-Ztg. 1886, Nr. 16.
3) Notizbl. 1884, S. 51; 1885, S. 16; 1887, S. 39.
4) Tonindustrie-Ztg. 1889, Nr. 22.
5) Ebenda 1887, Nr. 49.

Vorteile werden neben der Unabhängigkeit von der Witterung sowie der Beschleunigung des Trocknens billigste Anlage und die billigsten Betriebs- und Transportkosten hervorgehoben. (Tonindustrie-Zeitung 1894, Nr. 21.)

Wegen Mangels an Raum kann hier nur in kürzester Weise auf die epochemachenden Möller & Pfeifersche Trommel- und Kanal-Trockenapparate (Berlin W 10) verwiesen werden, welche überhaupt und besonders in der Zementindustrie eine weite Verbreitung gefunden haben. Es lassen sich darin die fettesten und wasserreichsten Tone bei einmaligem Durchgang durch die Trommel vollständig austrocknen, so daß sie unmittelbar danach gemahlen werden können.

Ein neues Trocknungsverfahren hat Keller zugleich mit selbsttätigem Ziegelwagen in der Praxis eingeführt. Die einzelnen Trockenschuppen bestehen aus Lattengerüsten von sechs Etagen. Dieselben werden durch Dampfheizung bis zu 50° und darüber erwärmt. Die Betriebskosten für 1000 Steine bis zum Ofen sollen sich auf 1,12—1,20 M. stellen und ist die Anlage selbst im Winter bei 10° Kälte imstande die frisch eingefahrenen Steine in dreimal 24 Stunden trocken- und rissefrei zu liefern. (Tonindustrie-Ztg. 1897 Nr. 22.)

Trockeninstrumente (Hygrometer). — Zur Messung der Luftfeuchtigkeit dienen die Hygrometer oder das August'sche Psychrometer[1]). Zu berücksichtigen ist bei diesen Instrumenten, daß beide sehr deffizil in der Behandlung sind und umständliche Berechnungen erfordern. Geeigneter ist dagegen das Klinkerfues'sche Hygrometer, insofern es einfacher und in einem metallenen Gehäuse als Taschen- oder Reiseinstrument oder für stationäre Aufstellung bestimmt ist und einer Berechnung nicht bedarf[2]).



Fig. 34.

Verdunstungsmesser (Atmometer). — Die genannten Hygrometer zeigen den in der Luft enthaltenen Wasserdampf an, geben aber kein Maß für die Menge des verdunsteten Wassers, worauf es in den keramischen Fabriken ankommt. Von Olschewsky wird zu dem Zwecke ein sehr einfacher durch feuchtes Fließphpier verschließbarer Apparat (der Fließpapierverschluß dürfte sein Bedenken haben) beschrieben, welcher den Bedürfnissen der Praxis entsprechen soll. Ein kleines, nicht zu dünnwandiges Glasrohr (Fig. 34) ist an einem Ende zusammengezogen und daselbst eine Öse angeschmolzen, durch welche ein Bindfaden zum Aufhängen des Apparates gezogen wird. Das Rohr ist kalibriert und zwar in Kubikzentimeter mit Unterabteilungen von 0,2 zu 0,2 ccm. Am unteren, offenen Ende des Röhrchens ist eine gegen das Rosten geschützte Feder angebracht, mit deren Hilfe ein auf die Öffnung gelegtes Blättchen aus Fließpapier derart angedrückt wird, daß ein genügender Verschluß stattfindet. Das Röhrchen wird mit Wasser gefüllt, sodann wird bei etwas emporgehobener Feder das vorher angenäßte Fließpapierblättchen auf die Öffnung gelegt und, nachdem die Öffnung dadurch verschlossen, der Apparat umgedreht. Das Papierblättchen

---

1) Beschreibung nebst Zeichnung dieses Apparates findet sich Leitmeritzer Zentr.-Anzeiger 1887, Nr. 7.
2) cf. Tonindustrie-Ztg. 1878, S. 11.

verhindert das Auslaufen des Wassers und kann man den Stand desselben im Röhrchen ablesen. Das zu den Blättchen verwendete Fließpapier ist von besonderer Qualität; das Papier wird durch das darüberstehende Wasser stets feucht erhalten, indem soviel, als vom Blättchen verdunstet, aus dem Vorrate nachsickert. Hängt man den mit Wasser angefüllten Apparat an die Luft, so wird je nach der Trockenwirkung der Atmosphäre, in gleichen Zeiträumen mehr oder weniger viel Wasser vom Fließpapierblättchen verdampft und nachgesickert sein, was man einfach durch Ablesen der Zahl gegen die frühere feststellt.

Will man das Verhalten irgend eines Tones beim Trocknen durch Vorversuche ermitteln, so fertigt man sich aus demselben einige Gegenstände, die man fabrizieren will an, und setzt sie an verschiedenen Stellen (selbverständlich gegen Regen geschützt) der Trockenwirkung aus. In unmittelbarer Nähe der Gegenstände hängt man je einen Apparat auf, bei dem dann nach Notierung der Zeit und des Gewichtes der Probekörper die Ablesung des Wasserstandes im Atmometer vorgenommen wird. Die Aufzeichung dieser Daten geschieht in gewissen Zeitintervallen (alle 24 Stunden) bis das Gewicht des Probekörpers sich nicht mehr vermindert, d. h. bis derselbe lufttrocken ist.

Nach Olschewsky läßt sich mittelst dieses Apparats, wenn auch nicht die genaue Quantität des verdunsteten Wassers, so doch eine Zahl erhalten, welche jener proportional ist und zu exakten Vergleichungen hinreicht [1]).

Brennen. — Auf das seinen Abschluß gewöhnlich erst im Brennofen findende Trocknen folgt der so wichtige Brennprozeß, welcher den Zweck hat, die Brennobjekte fester und alsdann härter, unveränderlicher und widerstandsfähiger zu machen [2]). Ist das letzte mechanisch gebundene Wasser unter langsamen, dem Charakter der verarbeiteten Materialen entsprechendem Vorwärmen weggetrieben (das Schmauchen bei Ziegeln oder das sogenannte Vorfeuer), dann ist es Aufgabe des Brenners, die Temperatur im Ofen höher zu treiben zum Abbrennen des an den Steinen niedergeschlagenen Rußes und endlich so stark wie möglich stetig zu steigern bis zur erforderlichen Höhe (Vollfeuer) während der durch Erfahrung bestimmten Zeitdauer. Den Grad des Fortschreitens des Feuers erkennt man an den Zuglöchern des Gewölbes, an der Intensität der Glut in demselben, sowie in den Schürlöchern; doch gehört zur richtigen Regulierung der Temperatur eine große Übung und ein erfahrenes Auge, um die verschiedenen Glutscheine unbeirrt wahrzunehmen [3]). Ein sorgsames und zweckdienliches Einsetzen der Ware, ein nicht zu enges, aber auch nicht zu weites, wirkt dabei hemmend oder fördernd mit.

Bei der stärkeren Erhitzung geht zunächst das Hydratwasser der amorphen Kieselsäure (und ähnlicher Verbindungen) weg. Mit dem Entweichen der flüchtigen Stoffe tritt notwendig eine Beschränkung in der Zunahme der Temperatur ein, wie dies von Le Chatelier beim schnellen Erhitzen einer kleinen Menge Ton im Augenblick der Entwässerung nachgewiesen wurde und

1) Ein Anemometer (Töpfer-Ztg. 1882, Nr. 50), bei dem zur Messung der Geschwindigkeit der Trockenluft ein Flügelrad durch den Luftstrom in Bewegung gesetzt und dessen Umdrehungen durch ein Zählwerk registriert werden, findet sich beschrieben nebst Zeichnung Leitm. Z.A. 1887, Nr. 7.

2) Was den Verbrauch an Brennmaterial in den keramischen Öfen angeht, so rechnet man nach Mendheim z. B. zum Brennen von 1000 kg feuerfester Steine bei kontinuierlichem Betriebe 145 kg Steinkohle.

3) Neuerdings bedient man sich zur Bestimmung der Gartemperaturen der Segerschen Schmelzkegel. Man s. oben Pyroskope.

welches Moment nach demselben Forscher zur Unterscheidung zwischen den verschiedenen wasserhaltigen Tonerdesilikaten sich benutzen läßt[1]. Nur durch starkes, die Rotglut wenigstens überschreitendes Erhitzen und eine zugleich mit der physikalischen Veränderung (der Sinterung) verlaufende chemische Wirkung, welches als zweites Stadium mit dem Austreiben des Hydratwassers beginnt, erlangt der Ton oder ein Gemenge desselben mit anderen Zusätzen die eigentümliche Eigenschaft des Aneinanderbackens seiner Moleküle, was man auch Vertonen nennt, d. h. fest oder steinhart, wie überhaupt ökonomisch brauchbar zu werden. Hierbei entstehen, nachdem die Kieselsäure etwa verdrängbare Mineralsäuren ausgetrieben, schließlich Doppelsilikate zwischen Tonerde und den verschiedenen Flußmitteln.

Es werden daher mit geringer Ausnahme alle aus Ton angefertigten Gegenstände gebrannt, und zwar in der Regel starker Hitze ausgesetzt. Für die meisten Zwecke, besonders für die feuerfesten Steine, ist es um so besser, je heftiger und durchdringender das Brennen geschieht, wobei selbstredend als Grenzpunkt gilt, daß keine Deformierung eintrete[2]. Eine spätere Veränderung, namentlich in physikalischer Beziehung, ist alsdann bei der jedesmaligen Verwendung in einem geringeren Hitzegrade als dem bei der Herstellung angewandten, nicht zu befürchten. Eine solche Erhitzung ist bekanntlich mit einem Schwinden verbunden, welches man gegenüber dem beim Trocknen eintretenden, als Feuerschwindung bezeichnet.

Gehen wir nach Darlegung des Zweckes, den das Brennen der Tonfabrikate verfolgt, und dem sich dabei abspielenden Vorgang zu den Prozessen über, auf denen das Brennen beruht. Es handelt sich dabei um die Flamme oder die Erscheinung, welche ein in Verbrennung befindliches Gas darbietet. Die Flamme tritt, wie bekannt, in verschiedener Weise hinsichtlich der Gestalt, Farbe, Hitze und chemischen Wirkung auf, wofür jedesmal als Grundursache das Mengenverhältnis von Gas und Luft maßgebend ist. Was so namentlich die chemische Zusammensetzung der Flamme oder Feuergase angeht, so hat man außer der von der Anwendung des Lötrohrs her bekannten Oxydationsflamme, bei welcher ein Luftüberschuß, und der Reduktionsflamme, bei der ein Gasüberschuß vorhanden ist, in der Praxis noch ein sich ergänzendes Verhältnis zwischen Gas und Luft, die neutrale Flamme, zu unterscheiden. Eine oxydierende Flamme vermag demnach Sauerstoff abzugeben, während eine reduzierende Sauerstoff entzieht (desoxydiert) und eine neutrale weder oxydierend noch reduzierend wirkt.

Über die sichtlichen Unterscheidungsmerkmale dieser drei Flammenarten brachte der Sprechsaal (1885, S. 600) einen recht faßlichen Artikel, worin mit Hilfe einer gewöhnlichen Zimmerlampe diese verschiedenen Zustände der Flamme ebenso einfach als einleuchtend in folgender teilweise hier entlehnter Weise beschrieben werden. Angenommen, die Lampe ist mit reinem Öl gefüllt, der Docht paßt genau in die Blechhülse und ist gleichmäßig beschnitten — kurz, die Lampe ist in völliger Ordnung und wird nun angezündet, indem man den Docht so hoch schraubt, bis die Flamme hellglänzend leuchtet, ohne Rauchentwicklung, so ist dies die neutrale Flamme. Das aus

1) Leitm. Z.-A. 1887, Nr. 17.

2) Abgesehen davon, daß eine höhere Temperatur mit größerer Gleichmäßigkeit hervorzubringen ist, verhält sich ein stark gebrannter Stein fester, dichter und weniger hygroskopisch als ein schwach gebrannter.

dem Öl sich bildende Gas empfängt genau soviel Sauerstoff aus der zuströmenden Luft, als es zum Verbrennungsprozeß bedarf. Wird der Docht noch etwas höher geschraubt, so verliert die Flamme den hellen Glanz, die weißgelbliche Farbe geht in Orange und Rot über, schwarzer Rauch entströmt; die Flamme ist reduzierend, das Gleichgewicht zwischen Gas und Luft ist gestört, die Gasbildung ist zu reichlich, es entweicht unverbrannter Kohlenstoff (Rauch). Wird umgekehrt der Docht unter die Normalgrenze geschraubt, bleibt die Flamme hell, verkürzt sich aber bedeutend, ohne Rauchentwicklung, so ist die Flamme oxydierend, es wird mehr Sauerstoff zugeführt, als die verwendete Gasmenge zur Verbrennung bedarf.

Feuerschwindung. — Wie bereits erwähnt, verflüchtigt sich bei der Erhitzung das Hydratwasser und wohl zuerst das der amorphen Kieselsäure. Der amorphe Zustand der Kieselsäure mag den Molekülen dieser gestatten, sich bei dem Weggehen der Wassermoleküle einander zu nähern, d. h. die Teilchen der amorphen Kieselsäure schrumpfen sozusagen zusammen, doch ist ihr Anteil an der Gesamtmasse meist nicht erheblich genug, um sich durch Verminderung des Gesamtvolumens, durch Schwindung, wesentlich bemerklich zu machen und tritt statt Verdichtung eine Auflockerung oder Porigkeit ein [1]). Bei weiterer Steigerung der Temperatur geben alsdann auch die Tonteilchen ihr chemisch gebundenes Wasser ab oder mit anderen Worten, die Hitze treibt aus dem kieselsauren Tonerdehydrat das Hydratwasser aus. Welche Vorgänge dabei in der Molekularstruktur der Tonsubstanzteilchen eintreten, also ob die Moleküle der kieselsauren Tonerde mit dem Weggehen der Wassermoleküle näher aneinander rücken, ob sie in ihrer ursprünglichen Lage verbleiben, ob sie, wenigstens die größeren, zerspringen, wie so häufig bei krystallinischen Gebilden in größerer Hitze usw., wissen wir nicht. Allgemein ist indes anzunehmen, daß die Tonteilchen bei dem Verluste des Hydratwassers ihr Volumen vermindern und dabei das Gesamtvolumen der Tonmasse kleiner wird, und die erste sogenannte Feuerschwindung eintritt. Die weitere Schwindung wird durch fortgesetzte Steigerung der Temperatur bewirkt und ist um so stärker, jemehr die Temperatur bis zu einer gewissen, wenn auch zuweilen sehr hohen Grenze steigt. Bei Tonen mit kleinen Tonteilchen (bei fetten Tonen) kann die Schwindung bis zu einem völligen Schluß der Masse gehen, d. h. die Tonteilchen legen sich so aneinander, daß alle Zwischenräume verschwunden oder wenigstens auf eine Größe reduziert sind, welche ein kapillares Eindringen von Wasser nicht mehr gestattet. Das ist endlich der höchste Punkt der Schwindung, der Ton erscheint dicht gesintert, womit denn das oben bezeichnete Aneinanderbacken der Tonteilchen oder das Vertonen eingetreten ist. Die Sinterung, welche zu unterscheiden ist von völliger Erweichung unter Formveränderung, läßt sich außer der mitwirkenden physikalischen Veränderung nach Seger als ein Schmelzen einzelner Bestandteile der Masse, also ein nur sporadisches und keineswegs als ein etwa beginnendes der ganzen Masse, auffassen. Dieses etwa partielle Schmelzen führt nur eine mehr oder weniger starke Zusammenziehung, ein Schließen der Poren herbei und erteilt der Tonmasse gleichsam mittelst einer Tränkung der nicht schmelzbaren Bestandteile mit einem nachher erstarrenden Verkittungsmittel eine größere Festigkeit und

---

1) Über Schwindung von Ziegeln durch Trocknen allein, durch Trocknen und schwaches Brennen, sowie durch starkes Brennen zu Klinkern, wonach das Schwinden nach allen Dimensionen kein völlig gleiches, vergl. man Kerl, Tonwarenindustrie, S. 392.



einen gewissen Widerstand gegen mechanische und selbst chemische Einflüsse. Der Punkt der Dichtsinterung oder die Temperatur, bei welcher sie sich einstellt, ist je nach der Art der Tone sehr verschieden und entschieden abhängig von der Menge der Tonteilchen, wobei deren Größe und Form eine Rolle mitspielen mag. Mancher feuerfeste, fette, aber kieselsäurearme und erheblich flußmittelreiche Ton sintert schon bei beginnender Hellrotglut (Orangeglut) dicht, während manche Kaoline dazu sehr hoher Weißglut bedürfen. In bemerkenswerter Weise verhalten sich beim Dichtbrennen stark kohlehaltige Tone, welche beim größten Glühverluste verhältnismäßig wenig schwinden, dann aber am porösesten erscheinen und erst in höherer Temperatur sintern und alsdann die größte Schwindung nachholen.

Über den physikalischen Prozeß der Frittung des Tones wissen wir, wie schon bemerkt, nichts Näheres, wenigstens ist nichts Positives darüber bis jetzt bekannt geworden [1]).

Will man die verschiedenen Abstufungen, welche eine Tonmasse bei der Erhitzung durchläuft, bezeichnen, so schlägt Schumacher (Sprechsaal 1883, S. 125) für die Porigkeit, wie schon oben besprochen wurde, die Ausdrücke: stark porig, schwach porig und kaum noch porig vor, für die Dichtigkeit: dichtgesintert und für die Erweichung: dicht geklinkert, wenn die Klinkerung ohne Sinterung auftritt; als letztes Stadium folgt dann die Schmelzung mit den sie begleitenden Erscheinungen, wozu Gasentwicklung, Aufblähung und die Beschaffenheit des Schmelzproduktes gehört.

Wird beim Brennen die Temperatur hoch genug gesteigert, so kommen die meisten und namentlich die gewöhnlichen, flußmittelreichen Tone in Fluß, blähen sich auf, und nach dem Erkalten zeigt schließlich der Bruch ein schwammiges, bimssteinartiges bis schaumiges Ansehen oder sie zerfließen gänzlich.

Nach Seger [2]), dem wir vornehmlich hier folgen, entstehen immer Blasen im Ton, wenn die Temperatur sehr rasch gesteigert wird, und die Beschaffenheit der Flamme oder die des Materials eine solche ist, daß die organische Substanz, die in jedem Tone enthalten ist, nicht vollständig herausbrennen konnte. Die Kohle kann alsdann später bei andauerndem Durchglühen wegbrennen, eine Gasentwicklung und damit Aufblähungen hervorbringen oder auf die Bestandteile des Tones, besonders auf Eisenoxyd einwirken. Erleidet so das Eisenoxyd eine Reduktion, so hat das gleichfalls eine Gasentwicklung zur Folge. Der Kohlenstoff kann aber auch erst später eingeführt werden, so bei eisenoxydhaltigen Tonen, welche mit gasförmigen Kohlenstoffverbindungen in der Hitze in Berührung treten und alsdann Sauerstoff, kohlehaltiges Eisen oder auch metallisches Eisen neben Kohle ausscheiden. Alle die genannten chemischen Aktionen sind mit Gasentwicklungen verbunden, an denen endlich unter mannigfachem Wechsel selbst wieder zurückgehende Bildungen von äußerlichem Eisenoxyd und innerem Kohleneisen teilzunehmen vermögen.

Was noch die sonstigen Schmelzerscheinungen angeht, so fließen, wie gesagt, die Tone je nach der Temperatur entweder zu einem Email oder Glase oder einer Schlacke zusammen, oder zeigen Übergänge von dem einen Schmelzzustande in den anderen. Nicht minder häufig ist das Aufblähen bei Vorhandensein von Schwefelkies.

---

1) Man vergl. Schumacher, Sprechsaal 1883, Nr. 25.
2) cf. Notizbl. 1880, S. 169.

Hinsichtlich der Textur oder des äußeren Ansehens haben wir bei der gebrannten Tonmasse im allgemeinen zu beachten, wie deren Bruch beschaffen, ob derselbe erdig (saugend), gefrittet oder geschmolzen ist. Mit dem gefritteten Zustand nimmt die Festigkeit, ein Klingen beim Anschlagen im Gegensatz zur Mürbigkeit oder zum Klapprigwerden, wie auch das Wärmeleitungsvermögen [1]) zu. Dieses steht in direktem Verhältnis zur Dichtigkeit. Ist der Bruch erdig, so ist die Festigkeit eine geringe, die Masse verhält sich hygroskopisch, und wird alsdann um so mehr abgeschwächt beim Aufbewahren in feuchter Atmosphäre oder Bringen in Wasser. Erscheint der Bruch gefärbt oder schwarz, so rührt dies in der Regel von einem Eisen- oder Kohlengehalte her.

Feuerfeste Steine.

Einteilung der feuerfesten Steine, Herstellungsmittel nebst sonstigen Bemerkungen.

Bei den feuerfesten Steinen oder dahin gehörigen Fabrikaten lassen sich nach den Materialien, aus denen sie allein oder vorherrschend zusammengesetzt sind, drei Arten unterscheiden:

1. Reine Ton- oder Schamottesteine, bestehend aus tonerdereichen feuerfesten Materialien.

2. Quarzsteine, bestehend aus kieselsäurereichen Materialien, mit den beiden Unterabteilungen: reine und gemischte Fabrikate. Man hat die Quarzsteine auch wegen ihres bedeutenden Kieselsäuregehaltes saure und im Gegensatz dazu die tonerdereichen basische Steine genannt. Man ist noch weiter gegangen und hat selbst die Bezeichnung „halbbasisch" versucht, welche Ausdrücke aber dem chemischen Begriffe nach allzu unbestimmt durchzuführen sind und wohl mehr eine verwirrende als aufklärende Klassifikation abgeben dürften.

3. Steine mit anderen Zusätzen, ebenfalls reine und gemischte, wie solche mit feuerfester Umhüllung. (D. R. P. Nr. 104928.) Anders und gewissermaßen pyrometrisch kann man die feuerfesten Steine einteilen je nach deren Anwendungsweise (wohin auch die Aufzählung der Öfen gehört), wozu dieselben gebraucht, oder nach den verschiedenen Anforderungen, die an sie gestellt werden.

Inbetreff der Zusammensetzung der feuerfesten Steine möge hier auf des Verfassers als besondere Schrift erschienene Zusammenstellung bekannter Analysen von Tonen, feuerfesten Fabrikaten usw. verwiesen werden [2]).

Allgemeines. Unterscheidung. Die sogenannten feuerfesten Steine, auch Ziegel oder geformte Stücke jeglicher Form aus feuerfestem Ton, welche gleich der feuerfesten Ware überhaupt, wie schon erwähnt, zu den künstlerisch nicht veredelten und in diesem Sinne zu den gewöhnlichen keramischen Fabrikaten gehören, bilden einen hochbedeutenden Zweig der Keramik und sind von größtem Werte in allen mit hohen Temperaturen arbeitenden Industriezweigen. Dieselben unterscheiden sich von den gewöhnlichen Ziegeln sowohl hinsichtlich der Anwendung und der desfallsigen verschiedenen An-

1) Kerl, Tonwarenindustrie, S. 312.

2) Bischof, Gesammelte Analysen der in der Tonindustrie benutzten Mineralien und der daraus hergestellten Fabrikate. Verlag von Quandt & Händel, Leipzig 1901.

forderung, wie auch ebenso hinsichtlich des Materials und der wesentlich anderen Behandlungsweise. Die feuerfesten Steine, welche weit heftiger zu brennen sind, werden dennoch gewöhnlich beim Brennen viel kürzere Zeit dem Feuer ausgesetzt, da die Zusätze die Masse derselben poröser machen und so die strahlende Wärme leichter ins Innere dringen kann. Diese sollen dem Angriffe des Feuers widerstehen und jene dem der Witterung oder auch des Wassers.

Charakter. Unter feuerfesten Steinen im allgemeinen versteht man Steine, welche bei höheren Temperaturen nicht schmelzen, d. h. bei der höchstmöglichen Erhitzung sich nicht deformieren oder gar aus dem festen in den tropfbar flüssigen Zustand übergehen. Hinsichtlich der Definition des durchaus relativen Begriffes „feuerfest“ sei hier auf das oben eingehender Gesagte verwiesen. Die gebrannten feuerfesten Steine zeigen meist ein irdenes Ansehen, sind mehr nur gebacken als zusammengesintert oder erweicht oder gar verglast. Am augenscheinlichsten läßt sich dieser Gegensatz kennzeichnen, wenn man einen guten Schamottestein mit einem Klinker vergleicht. Intensive Färbungen, z. B. dunkelrote, wie sie sich bei den Ziegelsteinen finden, kommen bei den besseren feuerfesten Fabrikaten nicht vor, welche im allgemeinen die Farbenskala von weiß durch gelblichweiß ins gelbe bis höchstens dunkelgelbe durchmachen.

Bezeichnung. Die feuerfesten Steine haben besondere Namen je nach dem bestimmten Zwecke, dem sie in der Feuerungstechnik speziell dienen, oder, wie gesagt, den Öfen, in denen sie Verwendung finden, sowie selbst dem Platze, den sie im Ofen einnehmen. Sie erhalten darnach ihre Benennungen und werden angefertigt:

1. für metallurgische Zwecke: Eisen und Stahl, Hoch-, Kupol- [1]), Puddel-, Schweiß- und Stahlöfen, Martin-Siemensöfen; Zinköfen usw.

2. für keramische Zwecke: Ring-, Ziegel-, Porzellan- und Steingut-, Muffel- und Retortenöfen usw.

3. für verschiedene Industrien: Koks-, Kalk-, Gas- und Glasöfen, chemische usw.

4. für wirtschaftliche Zwecke [2]): Brennereien, Brauereien, Kalzinieröfen, Essen, Flammen-, Kessel- und Glühöfen usw.

Ist die Anzahl der Öfen, in denen die feuerfesten Steine gebraucht werden, schon eine große, so ist die der dafür benutzten Steine eine noch viel größere, da man bei den einzelnen Öfen oder Industrien je nach der Art der Verwendung eine Reihe verschiedener Steinsorten unterscheidet. So kennt man in der Eisenindustrie außer den Kupol-, Schweiß- und Puddelsteinen Konvertersteine, Konverterboden- und Konverterwandsteine, Gittersteine, Wölbsteine, welche eine gleichmäßig enge Fuge des Ofengewölbes ermöglichen, Heizloch- und Mantelsteine usw. und z. B. beim Hochofen außer den Schachtsteinen Gestell-, Rast- und Bodensteine, Schaulochsteine zur mannigfachen Beobachtung des

1) Für Kupolöfen ist, beiläufig bemerkt, zu empfehlen ein Schamottestein, welcher sich in mäßiger Temperatur bereits völlig verdichtet aber möglichst frei von Unreinigkeiten ist und nur wenig Sand enthält. Auch sind dazu Magnesiasteine zu beachten, abgesehen von deren hohem Preis.

2) Auf der Düsseldorfer Ausstellung 1902 fanden sich als Neuheit „Pyritsteine“ und in neuer Bezeichnungsweise „Normal-Formsteine“. Auch ist anzuführen die Spezialität der Firma Ed. Böttger & Co. zu Berg.-Gladbach „Universal-Wölbsteine für Gewölbe in Schachtöfen“.

Feuers. Jeder Ofen, wie schon angedeutet, verlangt nicht allein mehr oder weniger seine eigenen Steine, sondern diese sind auch selbst, wie erwähnt, je nach der Stelle darin abzuändern. In der richtigen Wahl für den bestimmten Platz liegt zuweilen ein besonderes Geheimnis. Ähnlich ist es bei den Glasöfen, Gasöfen usw., sowie bei den Öfen anderer Industrien. Hierzu kommt noch, daß den Steinen, je nach der verschiedenen Form und Größe und sogar je nach der Arbeitsstätte, wie lokalen Umständen, eigentümliche und selbst absonderliche Bezeichnungen gegeben werden.

Verwendung. Als eigentlicher und Hauptzweck der feuerfesten Steine ist in den Vordergrund zu stellen deren Widerstandsfähigkeit in bestimmten Temperaturen, und sollen sie alsdann keine wesentliche Formänderung zeigen. Einen, wie schon teilweise angedeutet, hervorragend wichtigen Faktor bilden dieselben für die gesamte Eisen- und Stahlindustrie, für die Fabrikation von Glas, Porzellan, Steingut und für Gas und Koks usw. Durch die bedeutsame Einführung des Regenerativverfahrens sind die Ansprüche, welche an die feuerfesten Steine gestellt werden, auf das Äußerste gesteigert. Außerdem benutzt man sie auch, besonders in England, zum Schutze von Gewölbebauten, sowie da, wo man bei großen Bränden wenigstens gewisse Teile eines Gebäudes vor dem Zusammensturz sichern will.

Der Verbrauch der feuerfesten Steine, wiewohl derselbe im allgemeinen den gewöhnlichen Ziegeln gegenüber gering erscheint, stellt sich doch verhältnismäßig weit größer, weil selbst der schwerstschmelzbare feuerfeste Stein stets nach kürzerer oder längerer Dauer ersetzt werden muß.

Anforderungen. Die allgemeine Bedingung, welche überhaupt jedem feuerfesten Material in erster Linie zu Grunde zu legen ist, gilt auch für die feuerfesten Steine. Dieselben sollen, wie hier des Zusammenhangs halber wiederholt werden möge, hohe, ja mitunter höchst gesteigerte Temperaturen aushalten, ohne wesentliche Veränderungen zu zeigen. Außer der pyrometrischen Voraussetzung genügender Schwerschmelzbarkeit, handelt es sich noch um die Widerstandsfähigkeit der Steine in mehrfacher voneinander zu unterscheidender Beziehung. Der Stein soll auch den im Ofen herrschenden anderen zerstörenden Einflüssen erfolgreich widerstehen können. Die Widerstandsfähigkeit der Steine bedingt nicht allein die längere Haltbarkeit der Brennöfen, sondern steht in bestimmtem Zusammenhang mit dem Ofengang.

Außer der Feuerfestigkeit oder Schwerschmelzbarkeit werden daher in der Praxis noch folgende Forderungen an feuerfeste Steine gestellt:

1. Widerstandsfähigkeit gegen chemische Einflüsse. Diese chemischen Reaktionen werden hervorgerufen durch flüssige basische oder saure Schlacke der Kohlenasche oder durch stark reduzierende Heizgase. Sind die schmelzenden Schlacken stark basisch, so verbinden sie sich mit der Kieselsäure des feuerfesten Steins, oder wenn dieselben sauer, was freilich seltener vorkommt, so entziehen sie den Steinen Tonerde neben anderen Basen. In beiden Fällen kann daher eine schnelle Zerstörung des Mauerwerks eintreten. Abgesehen von der Zusammensetzung, der in erster Linie Rechnung zu tragen ist, wird die Unangreifbarkeit der Steinmasse erhöht durch ein gehöriges Durchbrennen derselben. In dieser Hinsicht erscheinen die kleinen Steine bevorzugt, da sie leichter völlig durchbrennen als die großen, bei denen dies eine schwere Aufgabe ist.

Eine weitere Anforderung, welche man an die feuerfesten Steine stellt, ist:

2. Volumenbeständigkeit oder möglichst geringe Volumenänderung bei höheren Temperaturen. Die Steine sollen, wie gesagt, im Feuer nicht mehr oder möglichst wenig schwinden, aber sich auch nicht zu stark ausdehnen. Eine Volumenänderung kann deshalb von bedeutendem Nachteil sein, weil das Mauerwerk dadurch Fugen erhält, was auf den guten Gang eines Ofens äußerst störend einwirken, ja bisweilen den Betrieb unmöglich machen kann. Die feuerfesten Steine sollen daher so lange und stark gebrannt werden, bis sie nicht mehr oder nur noch höchst wenig schwinden. Sie müssen, worauf man Wert und Gewicht legt, dicht sein, damit die flüssige Schlacke nicht bereits mechanisch in dieselben eindringe oder die Stichflamme vorzeitig zerstörend wirke. Je dichter ein feuerfestes Fabrikat hergestellt wird, was hier noch beigefügt werden mag, um so widerstandsfähiger wird es bei sonst denselben Verhältnissen; denn abgesehen von der allerdings besseren Wärmeleitung des dichteren Materials, bedarf dieses zur Durchdringung einer größeren Menge Wärme. Sind z. B. zwei gleiche Materialien gegeben, wovon das eine doppelt so dicht wie das andere, so beansprucht das dichtere zum Erhitzen auf denselben Punkt auch das doppelte Quantum Wärmeeinheiten bei gleicher Zeitdauer. In umgekehrter Weise vermag das Wachsen der Steine die Ofengewölbe zu sprengen oder trägt, wenn bei zeitweiliger Abkühlung wieder ein Zusammenziehen eintritt, zu einer fortwährenden Bewegung der Steinteilchen und dadurch entstehender Auflockerung bei, wenn auch andererseits, sofern das Wachsen innerhalb bestimmter Grenzen bleibt, ein höchst dichtes Gefüge die Folge sein kann, die Fugen sich schießen und eine größere Festigkeit des Mauerwerks erzielt wird.

Eine weitere Forderung, welche an die feuerfesten Steine noch gestellt wird, ist:

3. Widerstandsfähigkeit gegen plötzlichen Temperaturwechsel. Die Steine sollen schnelle Abkühlung und ebenso jähe Erhitzung vertragen können, ohne ihren Zusammenhang zu verlieren, d. h. ohne abzuspringen oder zu zerspringen. An diesem Übel scheitern oft Fabrikate, welche sonst nach allen Regeln der Kunst und aus dem reinsten Materiale hergestellt sind. Es wird diese Forderung der großen Festigkeit bisweilen so übertrieben gestellt, daß der Fabrikant genötigt ist, die Feuerfestigkeit von Steinen herabzusetzen, um dieser Bedingung zu genügen. Die plötzliche Erhitzung eines Steines bewirkt ein so gewaltsames Ausdehnen und die schnelle Abkühlung ein so rasches Zusammenziehen der Masse, daß dadurch ein Entstehen von Rissen und Abspringen einzelner Teile veranlaßt wird. Steine, welche aus fein gemahlener Masse unter hohem Drucke angefertigt sind, springen leichter als lockere poröse und solche mit grobem Korn. Insbesondere sind es die Quarzsteine, welche solchen Temperaturwechsel am wenigsten vertragen können, und scheint die Sprödigkeit der Quarzmischungen mit der Zunahme der Temperatur zu steigen. Eine Magerung mit Schamotte wirkt diesem Übelstande entgegen.

Als vierte nicht unwichtige Forderung, welche man an feuerfeste Steine stellt, ist hervorzuheben, wie schon berührt, eine tunlichst große mechanische Haltbarkeit, welche, wenn sie auch nicht immer Bedingung ist, doch in vielen Fällen eine ganz wesentliche Rolle spielt. So verlangen die oberen Teile des Hochofenschachtes große Festigkeit und Dichtigkeit der Steine, um der abreibenden Wirkung der hinuntergehenden Gichten ausreichend widerstehen zu können, ebenso lassen sich zu den Seitenwänden der Koksöfen nur

recht feste [1]), scharfgebrannte Steine anwenden, denn lockere Steine würden beim Herausdrücken der Koks bald abbröckeln und der Zerstörung unterliegen. Es gehört dahin auch die äußere Glättung der Steine. Eine glatte, rissefreie, scharfkantige Form trägt zur Erhöhung der Güte der feuerfesten Steine bei. Sie bekundet die Sorgfalt des Fabrikanten in dieser Hinsicht, besticht unwillkürlich den ersten Blick des Beschauers und muß so lange angestrebt werden, als sich dies bezahlt macht. Die mechanische Behandlung erhöht in gewissem Sinne den inneren Wert. Auf dem Bruche soll der feuerfeste Stein gleich einem guten Ziegel strukturlos sein und sich alsdann gut behauen lassen.

Kurz zusammengefaßt, müssen gute, brauchbare Steine mit stetiger Rücksicht auf die besondere Verwendung und eigentümlichen Umstände, dem erforderlichen Hitzegrade wie zugleich den jeweiligen Materialien, womit sie im Feuer in Berührung oder chemische Aktion treten, Widerstand leisten. Sie müssen in der Regel fest, glatt (je glatter die Oberfläche, desto weniger Angriffsfläche bietet sie dem Feuer), gerade, kantig, scharf durchgebrannt, dicht (nicht saugend) und von geschlossenem Gefüge sein, vornehmlich, wenn sie einen bedeutenden Druck aushalten sollen, Temperaturwechsel vertragen und dürfen nicht oder nur wenig schwinden, nicht reißen, nicht abblättern oder springen [2]). Hierzu muß dann noch kommen eine sachgemäße Vermauerung mit dem zweckdienlichen feuerfesten Mörtel und Beachtung enger Fugen [3]), sowie vor dem Gebrauche eine trockene Aufbewahrung.

Einige allgemeine Bemerkungen hinsichtlich der Produktion feuerfester Steine in Deutschland, der Kalkulation bei deren Herstellung, Preise, Festigkeit, Aufbewahrung und Zerstörungsweise bei der Benutzung in den Öfen mögen sich hier noch kurz anschließen.

Die Fabrikation feuerfester Ware besteht in Deutschland ca. 45 Jahre und sind jetzt über 80 selbständige Werke im Betriebe mit gegen 20 000 Arbeitern. An feuerfesten Steinen kommen etwa 5 1/2 Millionen Meterzentner im Werte von 16 Millionen Mark in den Handel.

Soweit Notizen über die Gestehungskosten der feuerfesten Steine in die Öffentlichkeit gedrungen sind, nimmt man an, daß der Arbeitslohn für 50 kg feuerfester Steine im allgemeinen 30 Pf. beträgt. Den Bedarf an Brenn-

---

1) Besonders verlangen die nach amerikanischem Muster jetzt sehr hoch und mit großem Fassungsraum gebauten Hochöfen eine außerordentlich hohe Widerstandsfähigkeit gegen den Druck der Massen.

2) Die Ursache der Rissigkeit einer Tonmasse oder der Fabrikate daraus ist in verschiedenen Umständen zu suchen. Die Risse können beim Formen, Trocknen, Anwärmen, Brennen oder auch Abkühlen entstehen. Während des Formens beruht das Reißen häufig auf einer zu großen Magerkeit des Tones oder dem Einschluß von Luftbläschen darin. Dagegen zeigen sich Trockenrisse bei einer zu fetten Masse, welche denn noch weniger ein forciertes Brennen verträgt, wobei freies wie selbst gebundenes Wasser zu gewaltsamen Sprengungen Anlaß gibt. Findet zu rasches Abkühlen statt, so bilden sich Risse und um so mehr, je fester, dichter und leichter sinternd die Masse ist.

3) Um die Mauerfugen, wobei man Lager und Stoßfuge unterscheidet, möglichst eng zu halten, ist es nötig, den Mörtel so sehr mit Wasser zu verdünnen, daß er nicht mehr mit der Kelle, sondern mit einem Löffel auf die Mitte der zu belegenden Stelle aufgebracht wird. Die Steine, welche man selbst vorher abschmirgeln kann, werden kurz in Wasser getaucht, dann aufgelegt, angeschoben und mit dem Hammer unter Beihilfe einer geeigneten Hartholzunterlage schnell wider und niedergeschlagen, bis man am Klange die Berührung mit der Unterlage wahrnimmt; hierdurch wird der Lufteinschluß verhindert.

material schätzt man für Steinkohlen auf 25 Proz. des Gewichtes der feuerfesten Fabrikate, doch läßt sich dieser Verbrauch im kontinuierlichen Ofen auf ca. 10 Proz. herabdrücken. (Tonind.-Ztg. 1884, No. 10.)

Um in Betreff der Preise für die verschiedenen feuerfesten Steinsorten einigermaßen einen Anhalt zu geben, mögen hier die Angaben in Jolys Techn. Auskunftsbuch 1900, S. 299 angeführt werden:

	Preis für 1000 Stück	
	Norm-Format M.	Engl. Format M.
Schamottesteine, Kesselqualität, für gewöhnliches feuerfestes Mauerwerwerk, als Dampfkesselfeuerungen, Ringöfen für Ziegeleien, feuerfeste Hintermauerungssteine und zum Bau von Badeöfen; auch für Schmiedefeuer	100	95
Schamottesteine, Kalkofenqualität, tonhaltiger als vorstehende Sorte, zu exponierten Stellen und zum Bau von Kalköfen . . . . , .	110	105
Schamottesteine, Schweißofenqualität, für Koks-, Puddel-, Schweiß-, Glas- u. Zementöfen, sowie chemische Industrie	128	120
Schamottesteine, Kupolofenqualität, für Kupolöfen, Hochöfen, Feuerbrücken	150	145
Schamottesteine, Kupolofenqualität, als besseres Kupolofenmaterial, auch für Wangen und Sohle von Lauge-Kalzinieröfen	200	170
Schamottesteine, Gußstahl- und Generatorqualität, verträgt schroffen Temperaturwechsel, geeignet für Gasgeneratoren, Stahlindustrie und Flammöfen, tonerdereicher als die übrigen Qualitäten	250	200
Schamotte — poröse — Steine, wegen des geringen Gewichts und trotzdem guter Feuerbeständigkeit als Wölbsteine, Isoliermauerwerk bei Hochöfen zu verwenden	120	—
Dinassteine — Kalkdinas — (englische Dinas) zu Ofengewölben in der Stahl- und Glasindustrie	180	165
Halbstarke Schamottesteine (Splits), als Futtersteine zu verwenden	67	52
Keilsteine für Gewölbe (normale)	125—150	
Desgl. für Kupolöfen, Kalköfen, Ziegeleien, Zementfabriken, Kesselsteinmauerungen u. a. m. nach Form und Qualität für 100 kg 2,25—5,00 M.		

Festigkeitsbestimmungen feuerfester Steine geben nach Michaelis wenig unter sich übereinstimmende Resultate. Die Schwankungen betrugen 50 Proz. und mehr. (Notizbl. 1866, S. 76.)

Druckfestigkeit von feuerfesten Materialien. — Bei den bekannten sogen. A-Steinen der Stettiner Fabrik beträgt die Druckfestigkeit 395 kg. pro Quadratcentimeter; bei einem feuerfesten Stein aus der Mühlheimer Fabrik 221 kg; desgleichen aus der Coburger Fabrik 241 kg und bei einem Meißener Kaolinstein, der dem äußeren Ansehen nach gar nicht so fest erschien, betrug sie 511 kg.

Die feuerfesten Steine sind in einem trockenen und jedenfalls vor Regen und Schnee geschützten Raume zu lagern. Da dieselben und namentlich die

Quarzsteine aus einer mehr oder weniger porigen Masse bestehen, so saugen sie begierig Wasser auf, werden dann locker, verwittern, zeigen mitunter Effloreszenzen, und leiden durch Frieren Zerstörungen. Stellt sich die Zerstörung durch Frost auch nicht stets ein, so ist immer beim Gebrauche die Feuchtigkeit nicht ohne Kosten vorher wegzutreiben und verlangt dies ein vorsichtiges Trocknen wie Anfeuern, wenn keine Zersprengungen oder Springen eintreten sollen. Beim Transport verlangen die Steine, was oft zu wenig beachtet wird, eine richtige Behandlung, damit sie vollkantig, glatt und unbeschädigt erhalten bleiben. Sie sind daher zwischen den einzelnen Schichten mit Decken, bestehend aus zerschnittenen Säcken, zu belegen, und bediene man sich zu dem Zwecke beim Heranfahren auf den Lagerplatz der Karrdielen, sowie der Federwagen, und verpacke sie bei weitem Transport in Heu.

Ausschläge oder Auswitterungen, welche bei sonstigen Tonfabrikaten nach deren völliger Fertigstellung unter dem Einflusse der Luft, Feuchtigkeit und Wärme entstehen und ihre Ursache in sich äußerlich ablagernden und dieselben verfärbenden, löslichen Salzen haben [1]), kommen im allgemeinen bei den feuerfesten Steinen oder Waren selten vor, da infolge scharfen Brennens die Salze entweder zerstört, d. h. in unlösliche Silikate umgewandelt werden, oder sich die Durchdringbarkeit (Porosität) des Materials sehr herabmindert. Ist indes das Brennen allzu schwach gewesen, so zeigen sich mitunter Ausblühungen, welche aus dem Material selbst, dem Tone, oder aus dem Anmachewasser (dasselbe ist daher immerhin mit Auswahl zu nehmen oder zu reinigen) stammen; ferner können sie herrühren von dem Brennmaterial, dem Mörtel, wie von dem Erdboden oder sonstigen zufälligen Beimischungen und Umständen. Der Hauptmenge nach bestehen bekanntlich die Salze aus Sulfaten, schwefelsaurem Kalk und seltener kohlensaurem oder phosphorsaurem Natron. Wie wir wissen, bringt das Wasser die löslichen Salze an die Oberfläche des Tonstücks, dort verdunstend lagern sich dieselben ab in mehliger, kristallinischer oder auch warziger Form, namentlich da, wo der Trockenprozeß ein beschleunigter ist, d. h. an den Kanten und rauhen Stellen, und wirken alsdann durch Kristallbildung sprengend und zerstörend. Nicht selten sind die Ausschläge auch organischen Ursprungs, mikroskopisch kleine Gewächse, welche aus dem Ton ihre Nahrung ziehen und von den durch einen Vanadingehalt bewirkten zu unterscheiden sind.

Die Zerstörung feuerfester Steine bei ihrer Anwendung in den Öfen läßt sich kurzgefaßt zurückführen auf die zwei Ursachen: Höhe der Temperatur, welche sie zum Schmelzen bringt [2]), und die Umänderungen, welche deren Bestandteile erleiden, sei es durch direkte Berührung mit dem Material des Ofeninhaltes, oder durch die entstehenden Produkte, namentlich des Brennmaterials, oder als Folge besonderer Umstände. Was die Bekämpfung der Angriffe durch die sich bildende und flüssige Asche angeht, so erweist sich, wie bekannt,

---

1) Man vergleiche weiter Seger, Tonindstr.-Z., 1878, Nr. 5 u. 6 und ferner Olschewskys desfallsige Untersuchungen, sowie das oben im Kapitel I über Verunreinigung durch Salze angeführte. Besonders bemerkenswert ist das in neuester Zeit (1901) erschienene und im Auftrag des Vereins für Ton-, Zement- und Kalkindustrie zusammengestellte Schriftchen von Dr. Mäckler „Die Ausblühungen des Mauerwerks, ihre Entstehung und Bekämpfung."

2) Auch können bestimmte Veränderungen infolge physikalischer Wirkungen, z. B. die oben erwähnte säulenförmige Absonderung auch bei künstlichen Steinen zu stande kommen.

für saure Schlacken im allgemeinen am haltbarsten auch ein saures und für basische ein basisches, feuerfestes Material.

Solche Änderungen des Materials im Feuer lassen sich dann auch in interessanter Weise analytisch nachweisen. Bei einem feuerfesten Stein, welcher in einer westfälischen Kohlendestillation gebraucht worden, ergab die vergleichende Analyse, einerseits einer Probe von der Heizgasseite und andererseits von der Kohlenseite, bei letzterer infolge der Einwirkung der Kohlenasche eine Zunahme sämtlicher Bestandteile, und hatte sich nur die Kieselsäuremenge verhältnismäßig vermindert. S. „Gesammelte Analysen" des Verf. S. 146. Ferner ergaben die Analysen von Koksofensteinen, welche in den Kanal eines Generatorofens von Liegel gefallen waren und eine geschmolzene äußere Kruste und ein gesintertes Inneres unterscheiden ließen, folgende Zusammensetzung:

	Innerer Teil	äußere Kruste
Tonerde	31,91 Proz.	28,91 Proz.
Kieselsäure	64,13 „	66,33 „
Magnesia	0,32 „	0,26 „
Kalk	0,73 „	0,99 „
Eisenoxyd	2,23 „	2,60 „
Kali	0,29 „	0,63 „
Natron	0,16 „	0,45 „
Glühverlust (wohl Kohle)	0,48 „	0,18 „
	100,25 Proz.	100,35 Proz.

Bei der geschmolzenen Kruste hat sich also eine Anreicherung der Kieselsäure, des Kalkes, Eisenoxydes und namentlich der Alkalien eingestellt, welche offenbar durch Flugasche und Alkalidämpfe bewirkt wurde. Gegenüber der Vermehrung dieser die Schmelzung befördernden Bestandteile hat sich die Stabilität gebende Tonerdemenge verhältnismäßig vermindert. Ein starker Kochsalzgehalt der Kohlenbeschickung veranlaßt eine Zerstörung der feuerfesten Steine. Die Steinkohlenlager enthalten bekanntlich mitunter stark kochsalzhaltige Quellen; die Grubenwasser, sowie die Kohlen sind deshalb nicht selten kochsalzhaltig. Nach Otto zeigte sich auf einer Zeche in Westfalen bei neuerbauten Koksöfen bereits nach mehrmonatlichem Betriebe eine so beträchtliche Abnutzung der Seitenwände, daß der Kokskuchen nicht mehr gedrückt werden konnte und daher eine Erneuerung der Steine notwendig war. Bei dem Abbruch der Seitenwände stellte sich heraus, daß die inneren Züge eine vollständige Kochsalzglasur angenommen hatten und enthielten die Steine in ihrer obersten Schicht bis zu 7 Proz. Natron; während das Innere kaum nachweisbare Mengen von Natron zeigte. Weitere Untersuchungen ergaben, daß das zum Waschen der Kohlen verwendete Grubenwasser so stark kochsalzhaltig war, daß mit jeder Kohlenbeschickung bis zu 14 kg Kochsalz in den Ofen gelangten. Die Zerstörung war wahrscheinlich in der Weise vor sich gegangen, daß das Kochsalz sich bei Gegenwart von Wasser in Natron und Salzsäure zersetzt hatte, wobei sich das Natron mit den Silikaten der Steine, der Kieselsäure und Tonerde darin, verband und die Salzsäure mit den übrigen Kohlengasen entwich. Nach und nach trat eine bedeutende Anreicherung von kieselsaurem Natron und damit eine so bedeutende Leichtschmelzbarkeit ein, daß die Steine die in dem Ofen herrschende Temperatur nicht mehr aushielten, abschmolzen und die Wände uneben machten. (Tonind.-Ztg. 1885, No. 11.)

Stücke eines dem Verfasser zugegangenen Schamottesteines, welcher aus pyrometrisch sehr hoch stehendem Schieferton nebst Kaolin als Bindeton bestand, waren in einem sehr heiß gehenden Glasofen an einer Stelle, wo sie mit dem flüssigen Glase in Berührung gekommen, geschmolzen. Die Stücke stellten ein Konglomerat dar von teilweise vollkommen erhaltenen, in Glas schwimmenden Steinteilen, ja selbst in der nächsten Nähe des von dem flüssigen Glase durchdrungenen und dadurch aufgelösten Materials. An den zerstörten Stellen ließ sich unter der Lupe ein kanalartiges und netzförmig sich verbreitendes Eindringen des Glases bemerken, worin sich einzelne abgefressene Kerne noch erhalten hatten. Der vor sich gegangene Auflösungsprozeß dürfte sich in folgender Weise erklären. Das flüssige Glas wird von der noch saugenden Tonmasse und namentlich dem Kaolin darin folgend eingesogen, wodurch die Masse als Ganzes leichter schmelzbar wird, bis dann nach und nach die losgelösten gröberen Teile von der schmelzenden Glastonmasse umgeben und dadurch mechanisch fortgeführt werden und bei vermehrter Berührung mit dem Flusse endlich der gänzlichen Auflösung verfallen. Die Zerstörung ist daher zuerst eine mechanische, ein Einsaugen des flüssigen Glases, und beginnt dann die chemische Einwirkung der Glasmasse, indem das saure Silikat des Glases die Basen des Kaolins und der Schamottemasse aufnimmt und sukzessive leichtflüssige Verbindungen zuwege bringt. Der an sich sehr großen Feuerbeständigkeit der Steinmasse ist somit hier durchaus keine Schuld zu geben, sondern im Gegenteil: weil dieselbe gewissermaßen allzu hoch schwerschmelzbar ist und damit die Fähigkeit besitzt, saugend zu sein, wird die Zerstörung eingeleitet, welche, einmal begonnen, dann in der angedeuteten Weise stetig weiter fortschreitet. Die pyrometrische Bestimmung ergab denn auch, daß die vom Glase noch nicht berührte Steinmasse in einer Temperatur, die wirkliche Platinschmelzhitze erreichte, sich noch im ganzen erhielt, während die vom Glase teilweise durchdrungene Masse sich bedeutend leichter schmelzbar erwies und keineswegs mehr als hochfeuerfest anzusprechen war.

Eine eigentümliche Zerstörung feuerfester Steine findet sich beschrieben von Pattinson[1]). Nachdem dieselben eine Hochofenkampagne von nur 5 Jahren durchgemacht hatten, stellte sich eine bedeutende Kohleabsonderung ein. Die Steine, welche indes bereits von vornherein die beträchtliche Menge von teils mehr als 8 Proz. Flußmittel und darunter 3—4 Proz. Eisenoxyd enthielten und als porös angegeben werden, waren so mürbe geworden, daß sie zwischen den Fingern, die dabei wie durch Lampenruß geschwärzt wurden, zu einem feinen Pulver zerrieben werden konnten.

Ähnliche Zerstörungen kommen bei gewöhnlichen Ziegeln vor[2]). Bei aus eisenhaltigem Ton hergestellten Ziegelsteinen, besonders dann, wenn sie sehr dicht sind, zeigt sich nicht selten, daß das Innere schwarz und schwammartig aufgetrieben ist, während die Oberfläche bis zu einer gewissen Tiefe tadellos geklinkert erscheint. Die Zerstörung erklärt sich dadurch, daß entweder Kohle ursprünglich im Tone vorhanden war, die wegen der dichten Beschaffenheit desselben überhaupt nicht heraus brennen konnte, ehe die Klinkerung begann, oder sich als Produkt der Dissoziation von Kohlenoxyd und Eisenoxyd in Rotglühhitze unter hinzukommender Erniedrigung der Temperatur einnistete.

1) Dinglers Journal, 223, S. 413.
2) Tonindustrie-Ztg. 1883, S. 256 und 1884, No. 38.

Die Ausscheidung von Kohle oder Graphit ist eine bekannte Tatsache, welche bei der Umsetzung reduzierender Feuergase mit festen Körpern und erhitztem Material stattfindet und um so mehr, je kohlehaltiger dieses ist.

Enthält das Material Schwefelkies, so entsteht zunächst aus dem zweifachen Schwefeleisen einfaches und alsdann bei fortgesetzter Erhitzung durch Einwirkung der Gase metallisches Eisen, welches sich ferner mit Kohlenoxydgas in Kohle und Kohlensäure zersetzt. In beiden Fällen entsteht also metallisches Eisen, welches die Eigenschaft hat, Kohlenstoff aufzunehmen und als Graphit abzuscheiden. Die Kohle lagert sich dann schließlich auf dem Eisen ab und kann so allmählich einen derben Absatz bilden, der zersprengend wirkt und endlich die völlige Zerstörung des feuerfesten Materials herbeiführt. Wie verderblich auch diese Kohlenstoffsteinlagerungen werden können, so tragen doch nach den Beobachtungen und Untersuchungen von Limbor die Alkali-Verbindungen noch weit erheblicher zur Zerstörung der feuerfesten Steine in den Hochöfen bei, als die Kohle zu tun vermag. Die im Gestell sich bildenden Kaliverbindungen werden in der dort herrschenden hohen Temperatur verflüchtigt und zum Teil mit den Gichtgasen fortgeführt, während der größere Teil sich an die inneren Ofenwände setzt, in die Steine eindringt und sie abschmilzt. Ein sonst guter Schachtstein wird daher um so widerstandsfähiger sein, je weniger das Alkali in seine Poren einzudringen imstande ist, was dann wieder den Wert einer großen Dichtigkeit der Steine dartut.

Herstellung. Um allen den genannten pyrometrischen und mechanischen Erfordernissen entsprechend geeignete Steine herzustellen, sind vorerst stets, wie wir hier zusammenfassen, mit den Rohmaterialien 1. eine gründliche Prüfung und 2. eine mit Sachkenntnis durchgeführte Untersuchung der in Betracht kommenden verschiedenen Eigenschaften vorzunehmen und sind daraufhin bestimmte Glühproben anzustellen. Bei Bestellungen von Steinen muß dann noch dem leitenden Techniker speziell angegeben werden, zu welchem Zwecke, wie unter welchen etwaigen besonderen Umständen das Fabrikat gebraucht werden soll und sind demgemäß, wie wiederholt erwähnt, beim Bau eines Ofens an verschiedenen Stellen selbst verschiedene Steine zu nehmen.

Nachdem die für die Steine geeignete Masse unter sorgsamer Beachtung der jeweiligen bestimmten Aufgabe angefertigt worden, welche nicht bloß dieser oder jener Ofen mit den darin vor sich gehenden Prozessen stellt, sondern die auch nach dem Brennstoff der Schlacke, den Berührungsmitteln und Umständen wechselt, ist die erste vorzunehmende Operation das Formen.

Wie bereits oben besprochen, werden die feuerfesten Steine wegen exakterer Arbeit vorzugsweise mit der Hand geformt und zu dem Zwecke die am besten mit pulverisierter Schamotte oder Formsand ausgestreuten Formen, um dem Anhaften der Masse zu begegnen, hiernach auf den gleichfalls bestreuten Formtisch gestellt, vollauf mit Masse gefüllt, d. h. dieselbe tüchtig hineingepreßt, entweder durch einmaliges heftiges Einwerfen des ausreichend großen Klumpens oder nach und nach mit raschem, kräftigem Einschlagen unter dichter Vereinigung mit der Hauptmasse, worauf man das Überstehende mittelst eines Drahtes oder des Streichmessers oben abschneidet und glatt streicht. Man rüttelt die Masse in der Form von Seite zu Seite und schüttet den Stein aus oder bringt ihn mit kurzer, starker Schwingung, event. nach knappem Aufschlage heraus. Auch nimmt man das Formen über einer

durch Hebelvorrichtung gut zu bewegenden Platte vor und drückt mit Hilfe des Hebels den Stein heraus.

Große, zentnerschwere Steine, deren Anfertigung immer mit größeren Schwierigkeiten verbunden ist, werden in die oft aus mehreren Stücken zusammengesetzten Formen sukzessive eingestampft oder mit hölzernen Schlägeln eingeschlagen. Der Arbeiter wirft in die Form zunächst ein Stück, womit er die Ecken ausdrückt, dann fügt er zum ersten ein zweites, was er damit innigst zusammenarbeitet, und so fort, bis das Werkstück gebildet ist.

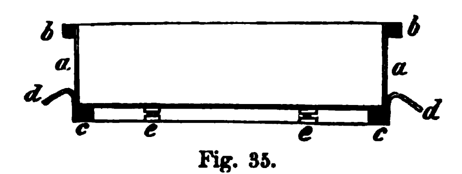


Fig. 35.

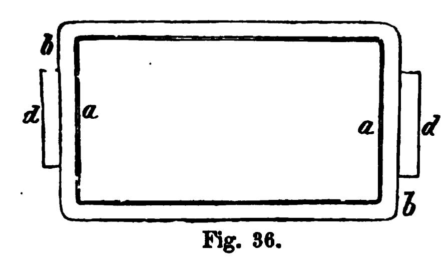


Fig. 36.

Nach dem Formen werden in der Regel die Steine hochkantig auf die Sohle des Formraumes gelegt, welche durch einige darunter hergehende Feuerzüge mäßig erwärmt ist. Sie brauchen hier meist nur wenige Tage zu bleiben und können dann schon in größeren Haufen aufgesetzt werden, um noch einige Tage länger zu trocknen, ehe sie in den Brennofen kommen. Andererseits je größer die Steine, um so länger dauert das Trocknen und ist, wie gesagt, das gleichmäßige Durchbrennen ohne innere Risse um so schwieriger.

Was die Ausführung im einzelnen angeht, so bedient man sich beim Formen feuerfester Ziegel mit der Hand beschlagener Holzformen oder, wegen der größeren Haltbarkeit, aus Eisenblech gefertigter, sowie auch


Fig. 37. Fig. 38.


Fig. 39.

gußeiserner Formen, welche unter Berücksichtigung des Schwindens in der Regel etwas größer sind, als die fertigen Steine sein sollen, und wie aus den Figg. 35 und 36 zu ersehen ist, aus einem Rahmen von 6 mm dickem Bleche aa bestehen, bei b und c durch Eisenstäbe von 18—24 mm im Quadrat verstärkt und bei dd mit Handhaben versehen sind. Auf dem unteren Stabrahmen c liegt das ebenfalls 6 mm dicke Bodenblech, durch die Knöpfe ee in der Mitte gestützt. In diese Form wird die Masse mittelst eines Stössels von etwa $2^1/_4$ kg Gewicht eingestampft, bei gewöhnlichem Format lagenweise oder, so lange das möglich, wie erwähnt, durch einmaliges Einwerfen des roh geformten Ballens. Nach jeder Lage wird die obere Rinde behufs Verbindung mit der nächsten Lage mittelst des Krätzers, Fig. 37, aufgekratzt. Das Messer,

Fig. 38, dient dazu, um die überflüssige Masse von der Form abzustreifen, worauf die Oberfläche mit dem Spatel, Fig. 39, geglättet und mit reinem, sehr feinem Quarz- oder besser Schamottemehl bestreut wird. Der Ziegel wird nun aus der Form auf ein entsprechendes großes, ebenfalls besandetes Brettchen [1]) gestürzt. Um dies zu erleichtern, ist die Form am oberen Rande in jeder Richtung um 3 mm weiter. Auf der Unterlage wird jedes Stück nochmals

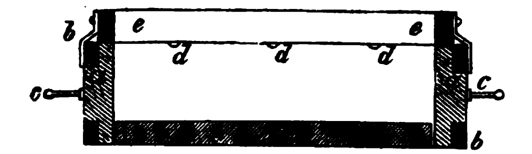


Fig. 40.

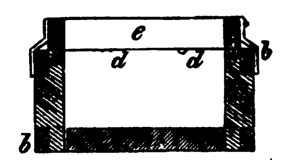


Fig. 41.

überputzt und dann auf die Trockenstellagen gestellt. Statt der einfachen Formen bedient man sich auch der doppelten, wobei zwei Formen miteinander verbunden und nur durch einen Steg voneinander geschieden sind.

Die Ziegeltische, auf welchen die Formen gehandhabt werden, bestehen aus 12 cm starken Bohlen und müssen nebst dem nötigen Arbeitsraum auch Platz für das Material zu 50—100 Stück Ziegel bieten.

Die für die Erzeugung von Preßziegeln bestimmten Formen sind in den Fig. 40, 41 und 42 im Längen-, Quer- und Grundrisse dargestellt.

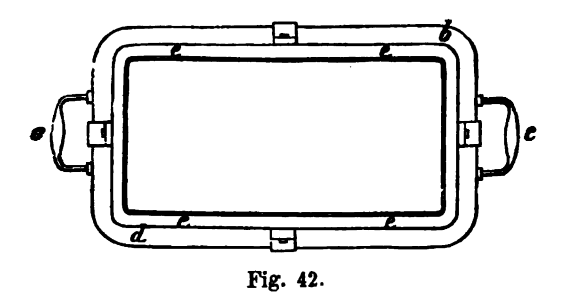


Fig. 42.

Der aus vollkommen dichtem, porenfreiem und festem Gußeisen bestehende Körper a ist an seiner Innenseite und an den Stößen gehobelt und poliert. Die Innenmasse zur Erzeugung von z. B. 32×16×8 lin. haltender Ziegel sind am Boden 32 cm lang, 16 cm breit, am oberen Rande 32,2 cm lang, 16,15 cm breit und 10.7 cm hoch. Außen sind die Formen mit zwei heiß aufgetriebenen schmiedeeisernen Ringen bb armiert, cc sind Handhaben, dd Rillen für den Austritt von Feuchtigkeit. Auf den oberen Rand paßt ein eiserner Aufsatzring e von 8—9 mm Höhe. Als Boden dient eine 7 mm dicke Eisenplatte, welche genau in die Form paßt. — Die ganze Ziegelpreßform, wie selbe die Zeichnung zeigt, wird auf dem Tisch

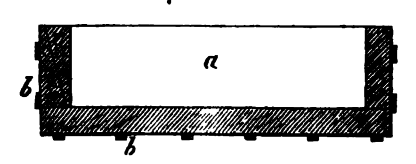


Fig. 43.

---

1) Nimmt man statt der Streichbrettchen Tonfließen, so werfen sich diese nicht und ziehen daher den darauf liegenden Ziegel nicht krumm. Sie erleichtern auch das Trocknen durch Einsaugen des Wassers.

hergerichtet und in der bereits beschriebenen Art lagenweise vollgestampft, dann wird eine 2,5 cm dicke Platte von Gußstahl aufgelegt und das Ganze unter die Presse gebracht.

Auch hat man, wie oben erwähnt, versucht, für Steine von gewöhnlicher Größe das Formen zu umgehen und dieselbe Anfertigungsweise, wie sie für die Mauerziegel in Gebrauch ist, befolgt[1]). Der horizontal liegende Tonschneider ist dabei so eingerichtet, daß er die Steinmasse durchknetend und pressend durch ein Mundstück einen kontinuierlichen Strang gibt, welcher dann, mittelst Drähten gleichmäßig durchschnitten, die Steine in verlangter Größe liefert. Die Steine werden schließlich in lederweichem Zustande noch nachgepreßt, sei es mit einer Hand- oder bei größeren Stücken mit einer Dampfpresse.

Für große Formsteine, Gestellsteine usw. empfiehlt Kerpely folgende Einrichtung der Formen (s. Fig. 43). a ist das aus Lindenholz gefertigte Formgehäuse, b die Eisenarmatur, c ein keilförmiger Einsatz. Feuerfeste Tonplatten von größeren Dimensionen werden auf die Weise hergestellt, daß man dieselben in einen auf der Erde liegenden Rahmen eintritt oder einschlägt, die Oberfläche mit einem Streichlineal glättet und den Rahmen abhebt, wo dann die Platte so lange auf dem Boden liegen bleibt, bis sie zum Transportieren genügend ausgetrocknet ist.

Bei den sogenannten Maschinensteinen ist nachfolgendes Pressen unbedingt erforderlich, damit die Steine scharfe Kanten und Ecken, gerade Flächen und ein gleichmäßiges Format erhalten und werden sie dadurch dichter, schwerer und nehmen mehr ein faseriges Gefüge an. Gute mit der Ziegelpresse oder Handstrich hergestellte Schamottesteine werden daher stets nachgepreßt. Besonders verdient hier die Looschе Ziegelnachpresse empfohlen zu werden, wobei eine Reibung des Steines gegen die Formenwände und ein Durchbiegen beim Auspressen nicht stattfindet. (Tonind.-Ztg. 1888, No. 16.) Ist die Form vollgestampft, so wird sie, nachdem die bestäubte Formunterlage darüber gelegt ist, umgelegt und nach einigen sanften Schlägen mittelst des Stößels leicht abgehoben. Die Stößel müssen immer in größerer Zahl vorhanden sein und während des Einstampfens öfters erwärmt werden, um das Anhaften von Masse zu verhüten.

Eine Ziegelform, bestehend aus einem gußeisernem Mantel mit einer Bleiausfütterung, welche leicht umschmelzbar, bald dicker, bald dünner ausgegossen, dann der Form einen beliebigen Querschnitt zu geben ermöglicht, wurde Kühne patentiert. (Tonind.-Ztg. 1879, S. 263.)

Pressen, auch Nachpressen für die feuerfesten Steine. Nach mehrseitigen gewichtigen Erfahrungen trägt auch die innere Dichtigkeit wesentlich zur größeren Haltbarkeit der feuerfesten Steine bei, wobei indes, wie gesagt, zu beachten ist, daß damit die Empfindlichkeit gegen Temperaturwechsel und ein leichtes Springen zunimmt. Nächst der Güte des verwandten Materials in erster Linie hängt die Dauerhaftigkeit der Steine von dem Drucke ab, mit dessen Hilfe dieselben fabriziert wurden. Gerade bei schwerschmelzbaren Tonen, bei denen nicht leicht eine Sinterung in der Hitze der gewöhn-

1) Als Nachteil ist beim Formen der Steine mittelst Maschine (Strangpresse) zu bezeichnen, daß beim Durchpressen des Tones durch die Formöffnung eine Verschiebung der einzelnen Teile der Masse untereinander und zwar derart entsteht, daß die Mitte des Stranges voreilt infolge der starken Reibung der Außenpartien an der innern Wandung der Form.

lichen Brennöfen eintritt, ist eine starke Komprimierung, d. h. eine dichteste Aneinanderlegung der kleinsten Teile Bedingung. Handelt es sich darum, den Steinen ein größeres Wärmeleitungsvermögen zu geben, wie bei den Regeneratoren, so sind sie schon deshalb möglichst dicht anzufertigen. Ein mit der Hand aus weicher Masse, wenn diese auch selbst von großer Feinheit, hergestellter Stein hat nicht die Dichtigkeit und den Zusammenhang, auch nicht das Gewicht und das sich empfehlende Äußere wie ein mit größerem Druck aus zäher Mischung mittelst Schlag, Hebel, Schraube, Dampf- und Wasserdruck gepreßter Stein. Teilt man doch nach diesen angewendeten Verdichtungsmitteln die Pressen ein. Hierzu kommen noch



Fig. 44.

die nachfolgenden sogenannten Trockenpressen, welche zum Pressen von mehr oder weniger trockenem Material dienen. Bei stärker angefeuchtetem Material ist das Preßgut, um richtig gepreßt zu werden, in einen bestimmten krümeligen (lederweich), weder zu trockenen, noch zu weichen Zustand zu bringen. Ist dasselbe zu trocken, so muß die Pressung eine ganz außerordentlich starke sein, und ist es zu weich, so ist der Effekt des Druckes ein bedeutend geringerer.

Durch Einschlagen fertigt man die Steine mittelst einer einfachen Schlagpresse [1]) und preßt dieselben, wie erwähnt, sobald sie etwas angetrocknet sind,

1) Die Schlagpressen haben den Nachteil, daß sie mit ungleichmäßigem Druck arbeiten und leicht schiefe Steine geben. Eine verbesserte Konstruktion von Kind s. Töpfer-Ztg. 1880, S. 1.

in lederweichem Zustande nach. Als Hebelpressen mit langem Hebelarm oder Kniehebel oder einer Vorrichtung mit Bewegung durch Exzenter [1]) oder der Schraube bedient man sich der Handpressen von verschiedener Konstruktion. Hier ist zu erwähnen die bekannte Ziegelpresse (für gewöhnliche Ziegel) von Clayton [2]), welche durch Druck von oben und unten zugleich verdichtet und die auch für feuerfeste Steine angewendet wird (s. Fig. 44).

Unter den Dampfpressen findet sich eine solche von Daelen [3]) beschrieben, womit auf die Steine ein möglichst hoher Druck ausgeübt wird.

Noch lasse ich hier die Beschreibung nebst Abbildung der Presse für feuerfeste Steine usw. von Ingenieur Morkramer folgen [4]).

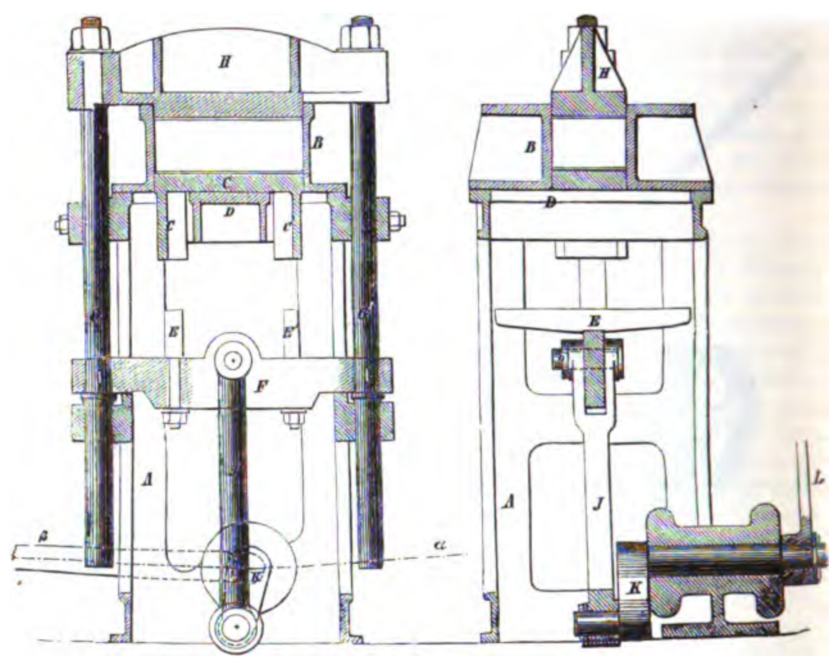


Fig. 45. Fig. 46.

1) Man vergl. ferner Presse mit Tritthebel, Hougets Presse mit komb. Hebel und exz. Scheibe, Heusinger v. Waldegg S. 90. Eine von Wesenberg sehr empfohlene Ziegelnachpresse mit Abb. findet sich Töpfer-Ztg. 1876, Nr. 39. In Frankreich bedient man sich häufig der Presse von Prethon; Pressen von Jordan, Koller und Jäger (Dinglers Journ. 178, S. 180). Kniehebelpressen liefern ferner Riedel, wie Weisse und Monsky in Halle usw. Als sehr wirksam und leistungsfähig (3000 Stück Steine pro Tag) wird empfohlen eine Ziegelpresse von der Maschinenbauanstalt in Görlitz usw.

2) Dinglers Journ. 214, S. 285.

3) Dinglers Journ. 169, S. 109. Eine neue Dampfpresse von Schlickeysen, welche sich durch große Einfachheit auszeichnet, per Stunde 800 Schamottesteine nachpressen soll und den ausübenden Druck bis auf 5000 kg bringen kann, findet sich angegeben Tonindustrie-Ztg. 1879, S. 301.

4) Dinglers Journ. 190, n. 184.



Morkramer unterscheidet die Maschinen, welche direkt unter hohem Druck Steine formen und pressen, von denen, welche vorher geformte Steine komprimieren und pressen.

Erstgenannte Maschinen sind kompliziert, teuer in ihrer Anlage, werden meist mit Dampfkraft betrieben und eignen sich daher nur für größere Etablissements.

Die Handpressen dagegen sind von einfacher Konstruktion, leicht transportabel, verhältnismäßig billig und werden durch Menschenkraft in Bewegung gesetzt.

Eine Maschine der letzteren Art, mit welcher 1—2 Arbeiter pro Tag 4—6000 Steine unter dem Druck von 2500 Pfund und höher pressen können, ist in Fig. 45 im Längenschnitt und in Fig. 46 im Querschnitt gezeichnet. Sie besteht aus einem Ständer A, welcher, um ihn möglichst leicht zu halten, durchbrochen gegossen ist. Auf der horizontal abgerichteten Oberfläche wird die Form B (in welche der Stein gepreßt wird) durch vier Schraubenbolzen befestigt. In dieser Form kann sich die Platte C, welche nach unten zwei Ansätze c und c′ hat, auf und ab bewegen. Diese Platte C ruht entweder (wie in der Zeichnung) auf der Brücke D, welche an dem Ständer angegossen ist, oder wird durch die beiden Klauen E und E′ bis zum oberen Stand der Form gehoben. Die beiden Klauen E und E′ sind in der Traverse F verschraubt. Ferner sind in dieser Traverse nach außen zwei schmiedeeiserne Zugstangen G und G′ angebracht, welche an dem Deckel H befestigt sind. Die Traverse F, die Zugstangen G, G′ und der Deckel H bilden also einen in sich fest verbundenen Rahmen, welcher durch je zwei am Ständer angegossene Lager genau senkrecht auf und ab geführt werden kann. In der Mitte der Traverse ist mit dieser durch einen Scharnierbolzen die Zugstange J verbunden. Das untere Ende dieser Zugstange umfaßt den Finger des Krummzapfens K. Die Welle desselben ist mit diesem aus einem Stück geschmiedet. Das hintere Ende der Welle hat ein Vierkant, auf welches der Hebel L geschoben wird. Dieser Hebel ist um 90° zum Krummzampfen gesetzt.

Beim Pressen eines Steines verfährt man folgendermaßen: Der Hebel wird in seine äußerste Stellung nach a gebracht; dadurch bewegt sich der Krummzapfen nach oben und die Klauen E, E′ heben den Einsatz C bis zur Oberkante der Form. Auf diesen Einsatz wird ein oberflächlich geformter Stein gelegt, welcher ca. 12—24 Stunden angetrocknet und noch lederweich ist. Hierauf wird der Hebel nach β hinbewegt. Der Krummzapfen geht nach unten und mit ihm der vorher beschriebene Rahmen (aus Traverse, Zugstangen und Deckel bestehend). Ungefähr in der Mitte des Hubes legt sich der Einsatz C auf die Mittelbrücke auf und bleibt liegen; der Rahmen dagegen bewegt sich weiter nach unten, der Deckel tritt in die Form ein und übt den Druck auf den Stein aus, wodurch letzterer recht schön scharfkantig und fest wird. Um den Stein gleich mit der Qualitätsnummer oder Firma zu versehen, kann an der Unterfläche des Deckels der Stempel oder die Inschrift angebracht werden. Zur Erleichterung der Arbeit und um ein Festsetzen des Steines zu verhüten, ist es vorteilhaft, nach erfolgtem Pressen von 8—10 Steinen jedesmal die Unterkante des Deckels und die Oberfläche des Einsatzes mit einem mit Öl befeuchteten Pinsel oder Putzlappen zu überfahren. Mit dieser Maschine kann man jede beliebige Form von Steinen pressen, welche nicht über 30 cm im Quadrat und 12 cm Dicke haben, seien es Gesims- oder Gewölbsteine; man braucht nur die Form, den Deckel und Einsatz entsprechend zu wechseln.

Die Form und der Deckel können für seltener vorkommende Steinformen zur Kostenersparnis von hartem Holz angefertigt werden. Die ganze Maschine wird auf einen dazu konstruierten Schiebkarren oder auf zwei Hölzer geschraubt, um sie leicht und rasch an jede Stelle transportieren zu können, wo sie gebraucht werden soll.

Trockenpressen und Halbtrockenpressen. — Die Bezeichnung dieser Pressen bezieht sich auf den Zustand, in welchem das darin verdichtete Rohmaterial zur Verarbeitung kommt, ob trocken oder weniger trocken im Gegensatz zu einer nassen, weichen oeer plastischen Masse. Von der Trockenpresse wird noch unterschieden die sogen. Halbtrockenpresse, wobei das Material etwas mehr angefeuchtet wird. Die Unterscheidung ist keine strenge und eine mehr oder weniger willkürliche. In maschineller Hinsicht arbeiten die Trockenpressen mit ungleich höherem Druck, als die Halbtrockenpressen. Je weniger feucht im allgemeinen das zu pressende Material ist, ein um so höherer Druck ist anzuwenden, um ein ebenso genügend festes Fabrikat wie beim Naßformen zu erhalten; andererseits haftet aber umsoweniger die Masse der Form an. Umgekehrt: je wasserhaltiger die Masse, umsomehr klebt sie in der Form, wobei denn zugleich die Wirksamkeit des Druckes, wie gesagt, um so beschränkter ist.

Eine wichtige teilweise bedingende Rolle spielt bei dem Trockenverfahren das Material selbst; dann dessen Vorbereitung, der Zerkleinerungsgrad, in Mehl- und nicht zu grobkörniger Pulverform, die Druckregulierung sowie besonders beim Halbtrockenverfahren die gleichmäßigste Feuchtigkeitsverteilung. Am meisten hat sich das Trockenverfahren, abgesehen von besonderer Anwendung, wie z. B. in der Porzellanfabrikation, für die Herstellung feuerfester Steine aus Schieferton bewährt. Als Nachteil ist bei dem Verfahren überhaupt zu bezeichnen ein größeres Schwinden der weichen Steinmasse und infolgedessen eine unvollständigere Verbindung der Teile untereinander, eine Ablösung der Körner von der Grundmasse; als gefährlichster Feind aber macht sich das Miteinpressen von eingeschlossener oder auch von dem Tone abgegebener Luft geltend, und ist daher auf deren tunlichste Fortschaffung durch allmählichen Druck und in verschiedenen Stadien, Pressung von verschiedenen Seiten, Anbringung von Entweichungslöchern, Erwärmung usw. das Augenmerk zu richten. Bekanntlich nimmt Wasser größere Mengen von Luft, bis zu 5 Proz. auf, welcher Übelstand sich vermeiden läßt, wenn man beim Einweichen des Tones gekochtes oder kondensiertes Wasser (Kondenswasser) anwendet. Als sonst recht erhebliche Vorteile der Trockenarbeit gegenüber der Anwendung einer weichen, plastischen Masse sind anzuführen: leicht zu ermöglichende und unabhängige Massenproduktion neben Verminderung des nötigen Anlagekapitals für Maschinen (der ganze Homogenisierungsapparat fällt weg). Kurze Trockenzeit ermöglicht Ersparung der Trockenschuppen, an Arbeitslohn wie Brennmaterial. Rascheres Trocknen bringt Unabhängigkeit von der Jahreszeit, schärfere Flächen und Kanten usw. Geboten erscheint die Trockenpressung, wenn Materialien zur Verwendung kommen, welche sich nicht im Wasser ausreichend zerteilen, nicht plastisch werden, oder ein festeres Material, als für Naßarbeit geeignet ist, vorliegt.

Für das Trockenverfahren haben wir aus einer umfassenden Arbeit von Liedtke, Notizbl. 1891, folgende maßgebende Resultate anzuführen: Alle Tone lassen sich in gepulvertem Zustande bei geeignetem Wassergehalt und unter Berücksichtigung ihrer physikalischen

Eigenschaften mittelst Trockenpressen guter Konstruktion fehlerfrei formen. Als Bedingung zur Vorbereitung des Tones gilt dabei: 1. gleichmäßige, feine Körnung; 2. innige und gleichmäßige Verteilung des Anfeuchtewassers; 3. geeignete Magerung. Für alle Tone ist der geeignetste Wasserzusatz 4 und 6 Proz. Tone, welche im lufttrocknen Zustande mehr als 2 Proz. hygroskopisches Wasser zurückhalten, lassen sich fehlerfrei pressen, geht dagegen der Wassergehalt unter 2 Proz. herab, so tritt alsbald Rissigkeit ein. Die längere Einwirkung desselben Druckes liefert nicht nur festere, sondern auch im Aussehen schönere Fabrikate.

Wie bekannt, wendet man in England, namentlich für den feuerfesten, aber wenig bindenden und steinharten Schieferton und dessen Abfall, sowie für erdfeuchte, magere Lehme die Trockenpressen an. Der englische Schiefer wird mittelst besonders für diesen Zweck konstruierter Maschinen zerkleinert, woraufhin das feine bis stark nadelkopfgroße Pulver in einen Mischzylinder kommt, in welchem eine ganz geringe Menge Wasser zugesetzt wird. Das angefeuchtete Material gelangt dann in den Trichter der Trockenpresse, in deren Preßformen es unter hohem Drucke zu Ziegeln geformt wird. Von der Presse kommen die Steine direkt in den Ofen zum Brennen, das ein möglichst scharfes ist. Es wird so in der kürzesten Zeit ein Fabrikat erhalten, das hinsichtlich Dichtigkeit, Festigkeit und Härte anderen Ziegeln nicht nachsteht, während es in der Herstellung sich um 33 Proz. billiger stellt und daher zu einem sehr mäßigen Preise in den Handel kommt. Die Steine werden verwendet in Eisenwerken und besitzen eine außerordentliche Druckfestigkeit (= 1135 kg pro qcm).

Häufig und für alle verschiedenen Materialien werden die Trockenpressen in Nordamerika[1]) angewendet und obgleich dieselben dort allgemein von Jahr zu Jahr zunehmend eingeführt wurden, sind sie in Deutschland bisher im ganzen nur vereinzelt in Gebrauch gekommen. Verhältnismäßig am meisten hat bei uns die Trockenpresse Anwendung gefunden in Westfalen, wo gleichfalls aus Schieferton auf mehreren Werken Ziegel, wenn auch nicht feuerfeste, hergestellt werden.

1. Die bekannte von der Dorstener Maschinenfabrik gebaute Trockenpresse ist eine Hammerpresse. Die Steine werden durch einen dreimaligen Schlag mit dem frei herabfallenden Hammer gepreßt. Die Presse zeichnet sich aus durch eine große Leistungsfähigkeit bei geringer Betriebskraft.

2. Zu erwähnen ist die Halbtrockenpresse von Quast, eine sehr kräftige (eigentümliche) Kurbelpresse, welche mit einer Mischschnecke verbunden ist und bei der die Luft beim Niedergang des Materials ausgetrieben wird. Dieselbe hat sich für Schieferton bewährt. (Tonind.-Ztg. 1890, No. 15.)

3. Hydraulische Trockenpresse. Der gewaltigste Druck wird, wenn auch langsamer und daher in derselben Zeit weniger liefernd, mittelst der sich immer mehr verbreitenden hydraulischen Pressen mit indirekter und

---

1) cf. Dinglers Journal 150, S. 79. — In Philadelphia werden mit Trockenpressen nach Greggs Patent jährlich über 100 Mill. Ziegel erzeugt.

Nach der in New-Orleans erscheinenden „Landw. Zeitung" stellt man in Amerika Ziegel aus völlig trocknem Tone her. Das getrocknete, gemahlene, gesiebte und dadurch namentlich von allen Steinchen gereinigte Tonmehl wird unter einer hydraulischen Presse in den Formen zu einer kompakten Masse zusammengepreßt. (Naumb. Töpfer-Ztg. 1881, S. 380.)

direkter Wirkungsweise ausgeübt. Diese also quantitativ wenig leistungsfähigen Pressen kommen teuer und haben den Nachteil, daß die häufiger nötigen Reparaturen den Betrieb stören. Hydraulische Pressen benutzt man zur Herstellung von Magnesiasteinen, ferner zu Düsen, Zinkmuffeln, Trottoirplatten (Mettlacher). Zu beachten ist hier die bekannte und angesehene Maschinenfabrik für Tonwerke Ed. Laeis u. Co. in Trier. Dieselbe liefert an der Hand illustrierter und ganz vorzüglicher Kataloge: 1. Maschinen für die Herstellung von Ziegeln, Röhren usw.; 2. Hydraulische Pressen für die Nachpressen und Trockenfabrikate bis zu einem Druck von 500 Atm.; 3. auch alle Arten von Zerkleinerungsmaschinen. Unter den Pressen mögen kurz bemerkt werden die Nachpressen, Handpressen und Friktionspressen, welche letzteren dazu dienen, die vorgeformten Steine nachzupressen, um ihnen glatte Flächen und event. auch gleichzeitig Vertiefungen und Fabrikfirma aufzudrücken. Zum Formen selbst werden die Pressen nicht verwendet.

In neuerer Zeit (D. R. P. 12411) wurde eine hydraulische Presse zur Herstellung von Ziegelsteinen und Tonwaren aller Art aus getrocknetem Tonpulver Jul. Matern in Rothenstein bei Königsberg patentiert, sowie die sehr beachtenswerte neueste und bedeutend verbesserte Trockenpresse von v. Mitzlaff (cf. Tonindustrie-Zeitung 1884, No. 10). Nach v. Mitzlaff kommt es bei der hydraulischen Presse neben anderen Momenten nicht auf die Höhe des Druckes allein an, sondern man muß diesen auch jederzeit und mit Leichtigkeit regulieren können, wobei von Mitzlaff als bemerkenswerte Momente bezeichnet werden, 1. mit welcher Geschwindigkeit man den Druck auf den zu pressenden Stein wirken läßt und 2. ist es Bedingung, daß das Material möglichst zerkleinert zugeführt wird. Die Presse besteht aus einem drehbaren Tische, in welchem sich 6 Paar Formen befinden. Von diesen werden je zwei gefüllt, 2 Paar stehen unter Druck und aus den letzten formfertigen werden die Steine ausgestossen. Die Presse liefert pro Minute 26—32 Steine. Jeder Stein wird einem doppelten Druck unterworfen, wovon der erste die beigemengte Luft entfernt und der zweite bedeutend stärkere Druck gleichzeitig von oben und unten die Steine zusammenpreßt. Die Stempel sind imstande, einen ganz enormen und dabei regulierbaren Druck bis zu 700 Zentner auf den Normalstein auszuüben. Zum Betriebe der ganzen Anlage sind 8—10 Pferdekräfte erforderlich. Die Presse gehört jedenfalls zu den am meisten durchdachten und ist die einzige, welche die Masse wirklich trocken verarbeitet. v. Mitzlaff fand dabei, was bemerkenswert, daß bei völliger Trockenheit fette Tone sich besser verarbeiten lassen wie magere. Die Presse dient für Schamottesteine, Dolomite, Magnesiaziegel und Dinas. Beschrieben findet sich dieselbe nebst Abbildung Notizblatt 1888, S. 141.

Wir gehen über zu den einzelnen Arten der feuerfesten Steine, deren besonderen Herstellung und Zweck.

Schamottesteine.

Unter den überhaupt in der Technik am meisten gebrauchten Schamottesteinen, Schamotten, oder allgemein Fassonstücken aus Schamotte, sind, wie bereits oben in dem Abschnitte Schamotte besprochen wurde, die Fabrikate zu verstehen, welche nur aus feuerfestem Ton mit Beimischung von vorher gebranntem und zerkleinertem feuerfesten Ton (Schamotte [1]) als reine Schamotte-

1) Die Schamotte kann auch bekanntlich von durchgebrannten Abfällen, Kapselscherben, Steinen usw. herrühren.



steine hergestellt werden. Wir können dabei unterscheiden zwischen den Steinen, welche nur aus einem Ton allein bestehen, wie die von Garnkirk und Stourbridge, und solchen mit einem anderen Bindeton, wie z. B. die in neuerer Zeit hochgeschätzten Schiefertonsteine. Diese Mischungen, wenn sie auch mit keinen anderen Stoffen als Ton versetzt sind, können dennoch reich an Kieselsäure sein, sobald der angewandte Ton stark kieselsäurehaltig war. Absichtlich aber wird in der Regel keine Kieselsäure, und keinenfalls in größerer Menge und feiner Form zugesetzt, welche, sofern es sich um sehr hohe Hitzegrade handelt, den pyrometrischen Wert des Steines stets herabdrückt, sondern höchstens ein geringer Bruchteil klarer Quarzstückchen aus dem physikalischen Grunde: das Schwinden zu beschränken.

Als Beispiel eines außergewöhnlich kieselsäurereichen (85 Proz.) Schamottesteins sind zu bezeichnen, die wegen ihrer Schwerschmelzbarkeit und sonstiger großen Haltbarkeit in hohem Rufe stehenden Steine der königlichen Porzellanmanufaktur zu Berlin, welche aus dem bekannten Halleschen Kaolin und Kapselbruchstücken hergestellt werden. Derartige tonerdearmen Schamotten werden selbst unmittelbar aus dem natürlichen Rohkaolin angefertigt oder nachdem derselbe mehr oder weniger abgeschlämmt ist, und wird alsdann vornehmlich der allerdings sehr kieselsäurereiche Schlammrückstand benutzt. In ersterem Falle erfolgt die Fabrikation in der Weise, daß der frisch gegrabene Rohkaolin in die durch eine Dampfmaschine betriebene Schlickeysensche Ziegelformmaschine geworfen wird. Nachdem die fertigen Ziegel einen halben Tag bei trockener Witterung, bei feuchter länger gestanden haben, werden sie mittelst einer einfachen, aber gut arbeitenden Handpresse nachgepreßt. Feuerfeste Steine dieser Art, wie sie auch in Schlesien und anderwärts angefertigt werden, halten sich in einer Temperatur bis zur Schmiedeeisenschmelzhitze vollständig, in einer höheren aber fließen sie äußerlich ab und beginnen die Form zu ändern. Temperaturwechsel sollen dieselben sehr gut vertragen. Für Regenerativgasöfen gibt unter anderen Steinmann den Schamottesteinen aus Meißener Kaolin in Bezug auf Feuerfestigkeit wie Gleichmäßigkeit der Arbeit den Vorzug.

In neuerer Zeit hat man der bis dahin im allgemeinen vereinzelten Herstellung von feuerfesten Steinen aus Rohkaolin (den sogenannten Kaolinsteinen) eine besondere Aufmerkamkeit zugewendet und nicht mit Unrecht, da außer der teils vorzüglichen Schwerschmelzbarkeit der Kaoline an sich, deren meist große Indifferenz gegen flüssige Berührungsmittel in hohen Hitzegraden, beachtenswert erscheint. Statt der vorhin genannten Anfertigung unmittelbar aus dem Rohmaterial, wie es natürlich vorkommt, versetzt man rationeller den Rohkaolin mit seiner stark gebrannten Schamotte. Man vermag so dem lockeren und voluminösen Brennen der Kaoline entgegenzuwirken, d. h. eine größere Dichtigkeit zu erzielen und durch Abänderung der Körnung wie Menge des Zusatzes bestimmten recht hohen Anforderungen Rechnung zu tragen. Am günstigsten ist die Anwendung der erwähnten möglichst dichten und selbst durch besondere Mittel, vorheriges Pressen wie heftiges Brennen, verdichteten Kaolinschamotte, und kann man noch die Dichtigkeit des Ganzen erhöhen durch Verwendung eines geeigneten fetten feuerfesten Tons als Bindemittel. Die im allgemeinen nicht wenig wechselnde Schwerschmelzbarkeit der Kaoline[1]) spielt — was nicht zu übersehen — dabei selbstverständlich eine

1) M. s. in „Gesammelte Analysen“ des Verf.: die Kaoline (122 Anal.) S. 10—28.

entscheidende Rolle und gilt zugleich als Aufgabe die Herstellung der schwerstschmelzbaren Mischungen in angedeutet größter Verdichtung, unbeschadet eines Springens der Steine, weshalb Unterschiede in der Dichte des Gefüges der Masse sorgsam zu vermeiden sind. Nach Untersuchung des Verfassers ergab die Analyse eines in den genannten Beziehungen hochstehenden, festen, dichten, augenscheinlich gepreßten und recht hart gebrannten Fabrikates[1]) aus innig verknetetem Bindeton mit Schamottekörnern von halber Pfefferkorngröße:

Tonerde (im Mittel)	37,10	36,95	Proz.
		37,25	"
Kieselsäure desgl.	60,50	60,44	"
		60,56	"
Magnesia . . .	0,21 Proz.		
Kalk	0,24 "		
Eisenoxyd . . .	1,51 "		
Kali	0,78 "		
	100,34 Proz.		

In annähernder Platinschmelzhitze[2]) erhalten sich Stücke des Steins vollkommen scharfkantig, im ganzen ohne schmelzartigen Anflug, mattweiß. Die Schamottekörner sind teils noch etwas nachgeschwunden. Charakteristisch ist das Verhalten in Silberschmelzhitze, wenn der Stein in Koksfeuer von Heinitzer Leuchtgas-Saarkohlen der Ofenschlacke ausgesetzt wird. Er erscheint alsdann stark umschlalkt, die Schlacke ist aber bald gesättigt, nicht tiefer eingedrungen, was augenfällig bemerkbar hervortrat gegenüber einer in derselben Weise vergleichshalber mitgeglühten besten englischen Dinasstein- oder Garnkirker Hochofensteinprobe. Bei ersterem Fabrikat ist die Schlackenrinde wesentlich geringer und hat sie sich hier weniger tief eingefressen; der Garnkirkstein bereits erweichend und reichlich zerklüftet, ist von der Schlacke wellenförmig durchdrungen. Angewendet wurden diese Kaolinsteine mit Vorzug zu den Schlitzrosten der Liegelschen Gasretortenöfen.

Die Schamottesteine besitzen, abgesehen von der im allgemeinen größeren Neigung zum Schwinden[3]), die bekannten Vorzüge einer weit größeren mechanischen Festigkeit besonders Zähigkeit gegen Stöße und zeigen kein mürbes Brennen mit allzu begierigem Einsaugen der Ofenschlacke und damit kein oder nur ein beschränktes Eingehen leichter flüssiger Verbindungen. Ferner vermag man die Schamottesteine in allen möglichen und selbst den größten Dimensionen anzufertigen. Die genannten höchst erwünschten Eigenschaften lassen sich durch andere Mittel so leicht nicht ersetzen. Reine Schamottesteine sind, wenn sie sich für einen bestimmten Zweck genügend schwerschmelzbar verhalten und dabei nicht allzu teuer kommen, im allgemeinen allen andern Fabrikaten vorzuziehen. Dieselben widerstehen einer basischen Schlacke, namentlich der Hochofenschlacke, am längsten. Flüssige Schlacke hat indes stets das Bestreben, bald Tonerde und bald auch Kieselsäure aufzunehmen. Abgesehen von

---

1) Dasselbe stammt aus der bekannten früheren Fabrik feuerfester Produkte von Haupt u. Lange in Brieg, Reg.-Bez. Breslau.

2) Nach Bestimmungen des Verfassers.

3) Das Schwinden ist gleich bei der Herstellung der Steine zu berücksichtigen. Man bedient sich hierfür eines besonderen Maßstabes (Schwindungsmaßstab), welcher auf Grund der empierischen Versuche angefertigt wird. M. s. ferner bemerkenswerte Beschreibung nebst Zeichnung Sprechsaal 1890, Nr. 9.

dem pyrometrischen Verlangen, daß die Schamottesteine der Temperatur, in welcher sie gebraucht werden, nebst den jeweiligen besonderen Einwirkungen Widerstand zu leisten imstande sind, handelt es sich, als nicht zu übersehende Bedingung, darum, daß dieselben möglichst wenig schwinden oder sich wenigstens alsbald ein volumenbeständiger Zustand einstelle. Im allgemeinen: je tonerdereicher d. h. je feuerfester ein Fabrikat, desto mehr schwindet es in andauernd höherer Temperatur und können 4—6 Monate darüber hingehen, bis ein bleibender Zustand sich einstellt. In solchem Falle müssen, auf Grund der vom Fabrikanten anzugebenden Größe der Schwindung, die Steinformen soviel größer hergestellt werden, um diese nachträgliche Schwindung mehr unschädlich zu machen. Auch müssen sie in jeder Hinsicht akkurat gearbeitet wie hartgebrannt [1]) sein. Je gleichmäßiger und kantiger wie bekannt die Form der Steine, um so engere Mörtelfugen geben dieselben und je glatter deren Äußeres, desto weniger Angriffsflächen werden dem Feuer geboten. Ferner setzt man als Bedingung voraus, daß sie Temperaturwechsel vertragen.

Das Schwinden kann bei Anwendung fetter und kaolinreicher Mischungen sehr bedeutend sein. Je zahlreicher infolge eines größeren Wassergehaltes die beim Trocknen wie Glühen entstehenden Porenräume sind, um so größer ist die Schwindung. Als zweites Stadium tritt dann bei genügender Temperatur ein Erweichen d. h. ein zähflüssiger Zustand ein, womit sich die größte Verdichtung vollzieht. So schwinden aus fetten belgischen Tonen gebrannte Schamottesteine 8,33 Proz. lin., in den Fabriken zu Andennes in Belgien nimmt man 10 Proz. an; für die aus Pfälzer (Grünstädter) Ton 7,14 Proz., und steigert sich bei fetten und zugleich kohlehaltigen Materialien die Schwindung bis auf 12,5 Proz. und mehr. In letzterem Falle, je nachdem die fertigen Steine schwach oder stark gebrannt werden, differiert das Schwinden sehr unter sich, und ziehen sie sich auch leicht krumm, weshalb solche Tone zur Schamottefabrikation sich recht schwierig behandeln lassen, wenn nicht ungeeignet erscheinen. Dabei wird behauptet, je stärker die Schamottesteine gebrannt werden, umso mehr schwänden dieselben. Dies findet aber jedenfalls nur so lange statt, als keine Aufblähung eintritt, welche dem Schwinden entgegenwirkt und ein Wachsen herbeiführt. Noch ist zu bemerken, daß nach der bisherigen Methode der Darstellung von Schamottesteinen mittelst fetten ungebrannten Tones, wobei der fette Zusatz einen bedeutenden Teil ausmacht, die Erreichung höchster Feuerbeständigkeit von dem Bindeton und dessen verbrauchter Menge abhängig ist. Es fällt daher der fortschreitenden Technik die Aufgabe zu, die Verwendung des fetten Tones immer mehr zu beschränken, andererseits die der totgebrannten Schamotte in erheblich größerem Maße zu steigern.

Wichtigste Grundbedingung bei der Darstellung des Schamottesteins ist die richtige Auswahl des Rohmaterials, dessen chemische und physikalische Eigenschaften wissenschaftlich und experimental festzustellen sind. Inbetreff des richtigen Mischens des Bindetons mit der Schamotte, deren Menge und zweckdienlicher Korngröße, wie auch der geregelten Anfeuchtung und der sorgfältigen Verarbeitung, verweisen wir auf das früher Gesagte. Indem wir die im allgemeinen und selbst in ihren Einzelheiten bekannte Herstellung der Schamottesteine mit Bezug auf die Darlegungen in den früheren Abschnitten über

1) Der Schamottestein erfordert daher mehr Brennmaterial zum Durchbrennen als andere Fabrikate oder einen heißer gehenden Ofen.



Schamotte usw. übergehen, mögen nachstehend die in verschiedenen Ländern als hochstehend anerkannten Schamottefabrikate, soweit sie in der Literatur überhaupt oder dem Verfasser bekannt geworden sind, angeführt werden und soll sich das dabei Bemerkenswerte anschließen.

In England gehören zu den am höchsten stehenden Steinen die von Garnkirk, dann folgen tiefer die von Stourbridge, Cowen, Glenboig usw. Alle die genannten Steine sind aus nur einem Ton ohne weiteren Zusatz angefertigt. Bei den Garnkirksteinen wird auf drei Teile rohen wenn auch verwitterten und ausgelesenen Schieferton, ein Teil gebrannter genommen, während die anderen Fabrikate nur aus ungebranntem Schieferton bestehen. In Frankreich gelten nach Kerl (Tonwarenindustrie, 2. Aufl., S. 500) als die besten Schamottesteine die von Moutit (Saone et Loire), von Forges les Eaux (Seine inférieure), die gepreßten und gestempelten von Sept Veilles, von Coubiére (Puy de Dôme), von Meillonnas bei Metz, von Dormes und die ersten Marken der Bourgogne. In Belgien nimmt man für Schamottesteine auf ein Maßteil rohen Ton ein Teil gebrannten, wovon letzterer je nach der Qualität, die man erzeugen will, nur aus rein gebranntem belgischen Ton, oder für geringere Steinsorten, aus einem Zusatz von abfallendem gebrannten Material besteht. Zu Angleur ist das Verhältnis dasselbe; in St Leonhard steigert man den Zusatz bis auf $1^1/_2$, zu Corfali und Prayon nur auf 1 und zu Andenne bis auf 3 Teile, welcher aus 1 Teil feinem Staub und 2 Teilen gröberem Mehl zusammengesetzt wird. Das Kneten der Masse geschieht hier meist noch immer durch Treten und ohne Maschine oder mittelst des Tonschneiders. An dem einen Orte wird darauf gehalten, daß die Masse vorher auf dem Haufen liege, an dem anderen läßt man sie faulen und sogar bis zu 1 Jahr lang. Noch anderwärts tritt man die Masse durch und wiederholt dies dreimal. In allen Fällen muß vor der Verarbeitung die Masse eine solche Konsistenz besitzen, daß sie sich lang zieht, ohne zu zerreißen, und bekanntlich dürfen die Finger nicht beschmiert werden beim Drücken. Für beste Fabrikate endlich legt man in den belgischen Werken Gewicht darauf, daß die Schamotte wenigstens zum Teil zweimal gebrannt sei. Weitere beachtenswerte Punkte sind noch wie bekannt die richtige Durchfeuchtung; die Masse darf wegen des alsdann loseren und undichteren Brennens nicht zu naß, aber auch nicht wegen zu ungenügender Homogenisierung im Tonschneider zu steif sein. Wie gesagt spielt eine wesentliche Rolle die Korngröße des gebrannten Schamottezusatzes und dessen Mengenverhältnis.

Was die Korngröße angeht, so gilt die allgemeine Erfahrung, daß, je feiner das Korn, umso reichlicher sich davon einem Ton zusetzen läßt, wodurch die Masse an Gleichmäßigkeit, Dichtigkeit und Festigkeit gewinnt und die Wärme besser leitet, dagegen an der Fähigkeit, Temperaturwechsel zu vertragen, einbüßt. Umgekehrt, je gröber das Korn, umso mehr Bindeton ist zu dessen Einhüllung erforderlich. Beides wird ausgeglichen, wenn man dem recht fein gemahlenen Ton ein Gemenge von fein und grob gemahlener Schamotte und letztere in stärkerem Verhältnis zusetzt. Für das grobe Korn ist im allgemeinen Pfefferkorngröße ausreichend und geht man in besonderen Fällen höchstens bis zu einem Durchmesser von 7 mm. Ein frisch der Grube entnommener Ton gibt beim Brennen eine dichtere Schamotte als ein vorher ausgewitterter. Ferner läßt sich durch Nachpressen der hergestellten Steine aus einem Ton eine größere Dichte erzielen.

Das Verhältnis zwischen Bindeton und gebranntem Ton, welches von dem Grade der Bindefähigkeit des ersteren und der Korngröße des letzteren ab-

hängig ist, schwankt, wie oben angedeutet wurde, zwischen ein bis zu zwei Teilen gebranntem Ton auf einen Teil Bindeton.

Auf der belgischen Zinkhütte St. Leonhard gebraucht man für Steine erster Qualität: 31 Proz. ungebrannten belgischen Ton

52 „ gebrannten „ „ von 2 bis 3 mm Korngröße

17 „ reinen Quarz.

In Österreich werden auf den Eisenwerken der k. k. österreichischen Staats-Eisenbahn-Gesellschaft in Wien bewährte Ziegel für Koksöfen [1]) aus Schamottemasse angefertigt.

Im Deutschen Reiche sind in erster Linie die Schamottesteine der Stettiner Schamottefabrik A.-G. vorm. Didier zu Stettin, bezeichnet mit der Marke „Exzelsior", zu nennen [2]). Mit angestrengtester Auslese wußte die Firma die vorzüglichsten Materialien, wo sie nur aufzutreiben waren, zusammenzubringen und so das bisher Beste, was von derartigen Fabrikaten existiert, zu liefern. Die Gesellschaft hat das Verdienst, in großartigem Maßstabe in dieser Fabrikation vorangegangen zu sein und unter manchen anerkennungswerten Opfern das Material, namentlich sorgsamst aussortierten böhmischen Schieferton, erst eigentlich auf den Weltmarkt gebracht zu haben [3]). Zubereitet werden die Steine aus gebranntem Schiefer, einem geringen Bruchteil Bornholmer Kaolin und etwas bestem fetten Ton, wovon bei jenem eine bewährteste und besonders zubereitete Varietät benutzt wird. Die Steine werden sehr stark gepreßt, heftigst gebrannt und schwinden dann nur wenig. In neuester Zeit wurden auch von anderen nun nachgefolgten Fabriken, die sich nahekommender Materialien bedienten, ähnliche Fabrikate hergestellt.

Anwendung. Im allgemeinen dienen die Schamottefassonsteine in mannigfaltigster Form und Größe für alle Arten von Feuerungen, wobei durchgehend auf große Festigkeit, Zähigkeit und Unveränderlichkeit des Gefüges Gewicht gelegt wird. Mendheim gibt als Resultat seiner Beobachtungen an, daß bei intermittierendem Ofenbetrieb Schamottesteine ohne größeren Quarzgehalt sich stets als das dauerhafteste Material erwiesen haben [4]). Gleiches gilt von den Flammöfen mit direkter Feuerung, bei denen, wie Keller [5]) mitteilt, nach der Erfahrung der westfälischen Hütten einzig die Schamottesteine genügend aushalten.

Gehen wir die verschiedenen Industrien durch, welche Schamottesteine benutzen, so bilden sie in einzelnen Zweigen der Metallindustrie ein unersetzliches Material. In der Eisenindustrie verlangen bis jetzt mit Vorzug die Hochöfen, in denen ein Niedergehen der Gichten, sowie eine unaufhörliche Bewegung der schmelzenden Massen statt hat, die besten Schamottesteine, und zwar solche, die nicht bloß recht schwerschmelzbar [6]), sondern recht hart,

---

1) Proben davon befanden sich auf der Wiener Ausstellung 1895. (Vergl. d. Verf. Dinglers Journal 209, S. 121.)

2) Die Analyse ergibt: Tonerde 45,72 Proz., Kieselsäure 51,15 Proz., Kalk 1,77 Proz., Eisenoxyd 0,80 Proz., Kali 0,34 Proz., Glühverlust 0,28 Proz.

3) Tonindustrie-Ztg. 1889, Nr. 19—23.

4) Töpfer- und Ziegler-Ztg. 1878, S. 203.

5) Keller, über die Fabrikation und Anwendung feuerfester Steine. 1880, S. 32 u. 35.

6) Die reine Schamottemasse, welche man jetzt mit einem Gehalt an Tonerde bis zu 48 Proz. und selbst höher anfertigt, wird am wenigsten angegriffen

möglichst dicht, Temperaturwechsel ohne Beschädigung aushalten, und nicht mehr nachschwindend sind. Die letztgenannten Eigenschaften sind hier sogar in den Vordergrund zu stellen, da einem Mangel an Schwerschmelzbarkeit, besonders bei den zentnerschweren Gestell- und Raststeinen, wie dem Bodensteine immer etwa durch Wasser- oder Luftkühlung nachgeholfen werden kann. Die Masse des Bodensteines soll durchaus nicht nachschwinden, damit sich keine Fugen bilden, durch die das flüssige Eisen nach unten dringen würde, und dürfen dieselben nicht porös sein, was man durch ein außerordentlich scharfes und bis zur Sinterung der Masse getriebenes Ausbrennen der Steine erreicht. Befindet sich Blei in den Eisenerzen, so vermag aber selbst die dichteste Schamottemasse dem flüssigen Blei nicht zu widerstehen. Auch in den Gußstahltiegelöfen, im unteren Teile des Schachtes, und zwar, soweit die Koks anbacken können, verwendet man die besten und ausgesucht festen Schamotten (gepreßte Garnkirksteine), wie bei den über der Hüttensohle liegenden und Temperaturwechsel sehr ausgesetzten Siemens'schen Stahlschmelzöfen, sowie für die Düsen der Bessemerbirne und die Konverterböden.

Ebenso gebraucht man in den Zinkhütten für die Herde die beste Qualität Schamottesteine. In der Glasindustrie bilden gute Schamottesteine und namentlich die aus reiner Tonmasse hergestellten einen geschätzten und besonders bevorzugten Artikel.

In den Gasretortenöfen dienen die Schamotten oder geformte entsprechende Masse als Roste, so in den Generatoren und in dem Liegelschen Gasofen als sogenannte Schlitzsteine.

Ferner benutzt man die Schamottesteine oder Schamottemasse zu Kalk- und Zementöfen, in chemischen Fabriken für Glüh- und Kalzinieröfen, für Zuckeröfen, Ölgasöfen und weiterhin als Schamotteblöcke, für Schamotterohre der Öfen und Heizkanäle [1]), für Schamotteringe zur Rauchverbrennung in den Lokomotiven usw.

Vermehrung der Haltbarkeit. Will man endlich, was hier noch beigefügt werden mag, die Widerstandsfähigkeit einer Masse, wie die der feuerfesten Steine oder sonstiger Fabrikate in außerordentlichen Fällen erhöhen, wo selbst das bestbekannte natürliche Material nicht genügend aushält, so ist noch auf zwei Hilfsmittel hinzuweisen, ein chemisches und ein physikalisches. Man suche in den sich vollziehenden chemischen Reaktionen eine Änderung zuwege zu bringen, also wirke, wie oben schon erwähnt, auf eine andere Zusammensetzungsweise der sich bildenden Ofenschlacke hin, mache sie je nach den Umständen basischer oder saurer, wie zähflüssiger oder leichtflüssiger. Als physikalisches Schutzmittel sind anzuwenden die Kühlvorrichtungen, sei es mittelst zirkulierender Luft oder Wasser, hinter, unter oder im Innern der zu schützenden Steine.

---

von der basisischen Hochofenschlacke, dagegen mehr, wie schont erwähnt, von der sauren. In letzterem Falle wirkt, beiläufig bemerkt, ein geringer Tonzusatz zur Schlacke wegen der großen Sättigungskapazität der Tonerde als bestes Hilfsmittel gegen die Zähflüssigkeit der Hochofenschlacke.

1) Ein Schamotteeinsatz bewirkt eine Verzögerung der Abkühlung der Feuergase.

Dinas.

Die Quarzsteine oder in bestimmterer Bezeichnung die Dinas, welche, soweit dies die Herstellungsweise und deren Anforderungen zulassen, nur aus Kieselsäure bestehen, gehören zu den hervorragend schwerschmelzbaren Fabrikaten. Sie bilden das Gegenstück zu den, entsprechend den pyrometrischen Gesetzen, stets leichter schmelzbaren Schamotten, wenn auch selbst die reinste kieselsaure Tonerde zu letzteren benutzt wird. Wegen ihrer ursprünglichen Anfertigung aus einem englischen Rohmaterial, dem Dinassandstein [1]) und der ersten Darstellung in England, haben sie den Namen englische Dinas erhalten. Inbetreff der Analysen des Dinassandsteines und der Fabrikate daraus sei auch auf des Verf. „Gesammelte Analysen 1901" verwiesen.

Beschreiben wir die Fabrikationsweise und knüpfen daran je das Bemerkenswerte. Als Rohmaterial dient dazu der Ganister, der wie gesagt in England vorkommende Sandstein, aus dem zuerst die Dinas angefertigt wurden, ferner Quarz, besonders Quarzit [2]) und gewisse Steinkohlensandsteine. Bei der Auswahl solcher Gesteine ist demjenigen der Vorzug zu geben, welches am wenigsten im Feuer wächst und sich zugleich alsbald volumenbeständig sowie fest brennt, welches Ziel in neuerer Zeit von Cramer auf Grund angestellter höchst zahlreicher und gründlichster Versuche erreicht wurde. Dieselbe Aufgabe verfolgte auch Rosenberg. M. s. die beschriebenen wichtigen Studien von Cramer und Rosenberg Kap. IV, S. 251—255.

Diese Gesteine werden zwischen gußeisernen Walzen zu einem groben Pulver zerdrückt. In neuerer Zeit wendet man dazu Steinbrecher und dann zur feineren Mahlung Walzwerke, Kugelmühlen oder Kollergänge mit nicht durchbrochenem Bodenteller an. Die zu beachtende mechanische Festigkeit des Fabrikats ist davon abhängig, ob ungebranntes oder gebranntes Material verwendet wird. Durch ein vorheriges stärkeres Glühen des Quarzes usw. läßt sich wohl eine größere Unveränderlichkeit oder Volumenbestängigkeit überhaupt bewirken, doch leidet darunter die Zähigkeit des Zusammenhalts und bedarf auch eine solche Masse verhältnismäßig mehr Bindemittel als die rohe, was also einer Verminderung der Schwerschmelzbarkeit gleichkommt.

Als Bindemittel und zugleich Verkittungsmittel im Feuer wird benutzt, abgesehen von anderen versuchten Zusätzen, wie Ton, Magnesia und auch Eisenoxyd, meist gebrannter Kalk in Form von Kalkmilch, auch als Kalkwasser und Chlorkalzium. Im Sprechsaal (1896 Nr. 12) wird Kartoffelsyrup empfohlen. Man versetzt die Quarzmasse mit 1 bis 2 Proz. Kalk als Milch und der gleichen Menge des Syrups. An den Kalk ist dabei hinsichtlich der Auswahl die Forderung zu stellen, daß er sich rein weiß brennt, beim Löschen keinen oder nur wenig Rückstand hinterläßt und eine gleichartige Milch gibt. Etwaige ungelöst gebliebene Kalkstücke sind abzusieben. Für die Kalkmilch darf nicht übersehen werden, daß das Kalkhydrat doppelt so voluminös als der gebrannte Kalk ist, was somit unter Bläschenentwickelung zur Lockerung des Fabrikats beiträgt. Die Kalkmenge darf daher keinesfalls eine große sein, welche man

---

1) Das Mineral findet sich in Südwales in Neathtale und tritt auf als Sand wie auch als Felsen.

2) Der Quarzit zeigt gegenüber dem Quarz den Vorzug sich überhaupt fester zu brennen und verhält sich bei ca. 1500° konstant, während der Quarz alsdann noch wächst.

bisher auf höchstens 2 Proz. beschränkte. Eine geringe Menge Tonerde bis zu 1 Proz. spielt hierbei zur Beförderung der Verkittung im Feuer eine bedingende Rolle und steigert unter Bildung von Doppelverbindungen die Wirksamkeit des Kalkes.

Die tunlichst homogene Mischung mit dem Kalk erfolgt in einem Raum mit wasserdichtem Fußboden, auf welchem die Quarzmasse 45—60 cm hoch gleichmäßig ausgebreitet wird. Zwei Wänden entlang wird eine gegen 30 cm breite Rinne offen gelassen. Neben dem Kalkofen befinden sich zwei Tröge, in deren oberem die trocken abgewogene Kalkmenge mit Wasser angerührt wird, aus welchem die Kalkmilch dann in den unteren Trog abfließt; von letzterem strömt sie nach kurzem Abstehen durch die Rinne zur Masse. Diese wird dann möglichst vollständig durchgearbeitet.

Gehen wir über zur Bereitung der Dinasmasse, der Behandlungsweise und der Fertigstellung der Dinas. Die Masse soll bestehen aus feinsten, mittelfeinen und groben Teilen des verwendeten kieselsäurereichen Gesteins, deren geeignetste Beschaffenheit wie Verhältnisse andererseits so lange auszuprobieren sind, bis sich eine genügende Festigkeit oder ein Zusammenhalt sowohl des lufttrockenen Steins wie des gebrannten Fabrikats ergibt, wobei, wie erwähnt, nicht zu übersehen ist, daß ein vorher gebranntes Quarzmaterial sich mürbe d. h. weniger fest brennt als ein frisches. Diesem Übelstand ist daher, so weit dies nur irgend erreichbar, durch eine versuchsmäßige Ermittelung der günstigsten Zusammensetzungsweise der Grundmasse wie deren Teile entgegen zu wirken.

Das Formen der Steine geschieht mittelst einer Handpresse in eisernen, oben und unten offenen Formen zu je zwei Stück, welche beim Gebrauch rein zu erhalten sind. Je magerer das Gemenge und je überwiegender darin die feine Grundmasse ist, umso mehr gilt die Bedingung, daß das Pressen mit Ausübung des größten Druckes uud zwar mittels hydraulischer Presse geschieht mit einem Druck bis zu 200 Atmosphären. Andererseits wird indes behauptet, daß bei einem allzu starken Pressen sich die Steine weniger fest, ja selbst rissig brennen. Auch wird empfohlen, statt allmähligen Zusammendrückens ein oder mehrere Schläge auszuüben, wodurch ein geringer Schmand herausgedrückt wird, welcher dem Stein eine Art Überzug oder die sogenannte Haut gibt. Das Trocknen der Steine erfolgt auf den eisernen Unterlagsplatten, nachdem sie aus der Presse kommen, in einer geheizten Trockenkammer, welche sie nach einem Tage in solchem Zustande verlassen, daß sie völlig trocken ohne Gefahr in den Brennofen gekarrt werden können.

Ein brauchbares, auf einer niederdeutschen Hütte angewendetes Verfahren soll folgendes sein: Quarzsand und Quarzgesteine, die mindestens 95 Proz. Kieselsäure enthalten, werden gemahlen und in Körner von je 1 bis 2 mm und in solche von 2 bis 3 mm geschieden. Gleiche Gewichte dieser Massen werden innigst gemengt. Auf 49250 kg der Sandmasse verwendet man 75 kg vom besten Kalk. Derselbe wir mit soviel Wasser angemacht, daß die Kalkmilch den Sand gerade durchfeuchtet und bindet. Die reichlichst durcharbeitete Masse formt man in Handpressen zu Ziegeln, die ca. 18 Stunden lang trocknen und dann unter langsamer Anwärmung gebrannt werden. Das Trocknen der Dinas bietet keine Schwierigkeit und kann selbst ziemlich rasch auf Trockendarren in 10—12 Stunden geschehen.

Lütgen fertigt nach englischen Verfahren Dinas in beliebig großen Formen für die Gewölbe der Wannenöfen, sowie für Martinöfen an. In neuerer Zeit

hat man so als Ausstellungsstücke Dinassteine bis 25 kg schwer hergestellt, die aber nicht gepreßt, sondern mit der Hand gearbeitet sind. Als Grundmasse dient dabei der besonders geschätzte Aachener Kohlensandstein mit einem Kieselsäuregehalt von 90 bis zu 99 Proz. Kalk wird dabei nicht mehr als 2 Proz zugesetzt und schwankt der Gehalt an Eisenoxyd zwischen 0,5 bis 1 Proz., je nachdem die Zerkleinerungsmaschinen mehr oder weniger davon an das harte Mahlgut abgeben. Beim Brennen, welches ein stärkeres als für andere feuerfeste Fabrikate ist, verleiht das abgeriebene Eisen den weißen Steinen die bekannten eigentümlichen rotbraunen Flecken.

Was noch die Qualität der Dinas angeht, so werden neuerdings die von Pilsen in Böhmen für die besten gehalten. Dieselben sind fest, klingend und dicht im Bruch und dürften besonders hoch gebrannt sein. Einer Volumenänderung beim Gebrauch in geringeren Hitzgraden wird dadurch vorgebeugt. Sie besitzen ein bedeutendes Volumengewicht,

Der Brennofen ist ein runder, von 3,8—4,5 m Durchmesser und 4 m Höhe, welcher etwa 30 Mille Steine von 24 cm Länge faßt. Er hat an seinem Umfange sechs bis acht Feuerungen zur Verwendung von Steinkohlen geringster Sorte. Die obersten Schichten sind gewöhnlich nicht vollständig gar gebrannt, sie dienen bei dem nächsten Brande zur Herstellung der Feuergassen. Sie werden dann meistens durch zu starkes Brennen unbrauchbar; indessen sucht man die besten als zweite Sorte aus, der Rest wird wieder gepocht und von Neuem zu Steinen verarbeitet. Das Brennen dauert im Durchschnitt sieben Tage und läßt man die Steine auch ebenso lange allmählich abkühlen. Eine deutsche Fabrik, die ein recht gutes Fabrikat liefert, brennt die Dinas bereits in nur 24 bis 36 Stunden. Empfohlen wird in neuerer Zeit wegen Erzielung sehr hoher Erhitzung wie auch hinreichend langsamen Abkühlens und doch sparsamen Brennmaterialsverbrauchs der Gasringofen. In der Tonindustrieztg. 1903 Nr. 42 wird zum Brennen von Dinas wie ferner von Schamottesteinen besserer Qualität ein periodischer Ofen von rundem und rechteckigem Querschnitt, mit Halbgasfeuerung, überschlagender Flamme, unterem Rauchabzug und Ableitung der Abhitze des einen Ofens zum Vorwärmen eines anderen als besonders geeignet hervorgehoben.

Eine besondere Schwierigkeit bietet das Abkühlen der gebrannten Dinas, welches nicht vorsichtig und langsam genug geschehen kann, wenn man rissige oder klapperige, d. h. nicht klingende Steine vermeiden will. In dieser Beziehung, was ausdrücklich zu bemerken ist, fehlt es noch an einem Dinasbrennofen, worin die beim Abkühlen in den Ofen einströmende Luft soweit erwärmt wird, um ein Springen der gebrannten Steine zu verhüten. Ferner würde der Ofen so einzurichten sein, daß die Luft nicht die Steine, sondern nur das Innere der Ofenwände und Gewölbe abkühlt.

Zum Schlusse ist noch, wie oben hervorgehoben, bei der Fabrikation der Steine als besonders gewichtiger Punkt anzuführen die größtmögliche Beschränkung des bekannten, oft sehr störenden und selbst gefahrvollen Wachsens der Dinas im Feuer. Zur Bekämpfung sind dabei mehrere Mittel zu beachten.

1. Der jeweiligen Fabrikation ist vorauszuschicken die umsichtige Auswahl des günstigsten Rohmaterials, d. h. des möglichst wenig im Feuer sich ausdehnenden Quarzites auf Grund eingehendst angestellter pyrometrischer Ermittlungen, worauf oben genauer verwiesen wurde.

2. Ist nachzuhelfen durch Zusatz von besonders fein gemahlenem Sand-

stein, auch tonhaltigem Quarzgestein, und ist ferner dem Wachsen entgegenzuwirken mittelst einer größeren Flußmittelmenge der Grundmasse, wenn auch auf Kosten der Schwerschmelzbarkeit.

Vorzüge und Nachteile. Die Lichtseite, welche den Quarzsteinen überhaupt und besonders den Dinas eigen ist, statt im Feuer zu schwinden darin zu wachsen, kann, wie wir nochmals betonen, bei zu starker Äußerung verhängnisvoll werden. Nach Snelus muß in den mit Dinas ausgemauerten Stahlschmelzöfen in Dowlais der Arbeiter bei gesteigerter Hitze die Zugstange über dem Ofen lockern und bei Abnahme derselben sie anziehen, um einerseits der Ausdehnung und andererseits dem Zusammenziehen Rechnung zu tragen. Nach Benrath (Glasfabrikation S. 159) dehnen sich die Dinassteine aus bis etwa zur hellen Rotglut, dann aber hört bei weiterem Erhitzen die Volumenzunahme auf, ja es tritt sogar eine geringe Zusammenziehung ein. Nach Versuchen des Verfassers zeigte ein abgemeißelter 50 mm langer Stab des oben bezeichneten englischen Dinas, nachdem derselbe in Silberschmelzhitze geglüht und abgekühlt war, ein Wachsen von 1,5 Proz. lin. und als ebenso eine gleich lange Probe bis zur annähernden Platinschmelzhitze erhitzt worden war, betrug das Wachsen 4,2 Proz. Solche Stäbe, welche bei rascher Erhitzung bis zu 1500° C wuchsen, zeigten bei wiederholter gleicher Erhitzung noch eine stetige Zunahme der Ausdehnung und trat erst bei der vierten Glühung eine Konstanz ein.

Anwendung. Die Dinas leiten die Wärme sehr wenig und sind, da porös, auch ziemlich leicht. Raschen und häufigen Temperaturwechsel vertragen sie nicht, brennen sich mürbe, schwammartig oder gar rissig und zerbröckeln. Damit im Zusammenhang steht die Schattenseite, daß, wo es auf mechanische Festigkeit ankommt, die Dinas nicht aushalten. Mendheim fand in den Sohlenkanälen eines Gasofens bei intermittierendem Betriebe den Dinas völlig unbrauchbar. Die eisenhaltigen Dinas werden, wie schon angedeutet, bei reduzierenden Einwirkungen in heftigen Hitzegraden um so rascher zerstört. Flugasche, Metalloxyd, besonders stark basische Schlacke, greift, wie es die chemischen Einwirkungen bedingen, die Quarzsteine begierig an. Der Eisenschlache können sie nur wenig Widerstand leisten und vertragen das Anbacken der Kohle oder Koks in geringem Maße. Sie zerspringen stark bei unvorsichtigem Anwärmen und lassen sich auch schlecht behauen.

Die reinsten und besten Dinas gehören bis auf die erst in neuerer Zeit gelungen hergestellten Magnesiasteine zu den höchst schwerschmelzbaren Fabrikaten, die wir kennen. Sie sind unverwüstlich, wo eine allerheftigste, aber sogenannte trockene Hitze oder eine reine Flamme und ohne Unterbrechung (Abkühlung) auszuhalten ist. Weiterhin sind sie da am Platze, wo es gilt, saurer Schlacke Widerstand zu leisten. Sie halten in den Siemensöfen bedeutend länger aus als selbst die vorzüglichsten Schamottesteine. In den Glasofenkappen sind sie von außerordentlichem Werte, da hiervon abfallende Tropfen das Glas nicht verunreinigen, d. h. keine oder nur helle Schlieren oder knotige Fäden geben, auch werden sie als Wannenblöcke benutzt. Sie dienen für die Bessemerfabrikation zu fast allen Verwendungen, für Martinöfen bei der Stahlbereitung, wo die höchsten Anforderungen in Bezug auf Schwerschmelzbarkeit gestellt werden und die Dinas mit größtem Kieselsäure- und geringstem Kalkzusatz sich einzig bewährt haben. An den heißesten Stellen der Gasöfen und verschiedener Flammöfen, wie in den Schweißöfen werden sie meistenteils für unersetzlich gehalten. Nach Keller

sind in den Gewölben der Martinöfen keine anderen Steine als die Kalkdinas mit Erfolg erprobt worden. Der Vollständigkeit halber sei noch erwähnt, daß die Dinas beim Aufbewahren vor Feuchtigkeit und Wasser zu schützen sind, welches dieselben gern einsaugen. Eine vorherige Erhitzung ist daher bei der Vermauerung zu beachten, wozu dann keinenfalls ein beliebiger feuerfester Mörtel, sondern notwendig eine den Dinas ähnliche Mischung anzuwenden ist.

Deutsche Dinas. Zum Schluß sind noch anzuführen diese ebenfalls aus Sandstein, und zwar entnommen den Aachener Steinkohlengruben, aber ohne Kalkzusatz nach einer eigentümlichen, nicht näher bekannten Methode zuerst in der Kellerschen Fabrik angefertigten Steine. Lütgen in Eschweiler, welcher auch die sogenannten Deutschen Dinas fabriziert, gibt an, daß darin Ton, den bereits das Gestein enthält, als Bindemitel diene, dessen Menge sehr gering sei und nur 1,5 bis 3 Proz. betrage, daß es jedoch trotzdem gelungen sei, Steine von großer Härte und sehr hoher Schwerschmelzbarkeit zu liefern. Dieselben sollen raschen Temperaturwechsel wesentlich besser als die Kalkdinas vertragen, sind aber im allgemeinen weniger hart und fest. In den Gewölben sehr heißgehender Schweiß- und Puddelöfen wird nach Keller dem deutschen Fabrikate vor dem englischen der Vorzug eingeräumt und namentlich auf schwedischen Eisenwerken. Ferner haben sie nach demselben Autor in den Siemens-Bicheroux- und Boetiusöfen sich am besten bewährt. Eine Analyse eines „sogenannten deutschen" Dinas ist nicht bekannt.

Zu den Dinas gehören die Silikasteine, welche vornehmlich aus Quarzit mit möglichst wenig Kalk als Bindemittel bestehen. In bester Qualität sind dieselben außerordentlich schwerschmelzbar. Das Wachsen der Steine wird bereits beschränkt durch vorheriges möglichst starkes Glühen des Quarzits und soll die spätere Festigkeit darunter nicht leiden. Das Brennen geschieht meist im Mendheimschen Gaskammerofen.

Kalksandsteine.

In neuerer Zeit wird, was bemerkenswert, nach einem deutschen Patent die sogenannte Kalksandsteinmasse zur Herstellung von Dinas benutzt und sollen die Steine daraus bei wiederholtem Brennen nur „unerheblich" wachsen. Dient dazu, wie bisher, eine ähnlich große Menge von Kalk (10 Proz.) als Bindemittel, so wird damit die Schwerschmelzbarkeit unzweifelhaft bedeutend unter die der bisherigen als hervorragend feuerbeständig bekannten Dinas herabgedrückt.

Wie einleuchtend, nimmt die Feuerfestigkeit der Kalksandsteine, welche ja den Dinas teils verwandt sind, um so mehr zu, je geringer deren Kalkgehalt ist. Nach einer Besprechung von Professor Glasenapp[1]) entweicht beim Erhitzen dieser Steine zunächst das Hydratwasser des Kalkhydrats, dann des Kalziumhydrosilikats und schließlich die Kohlensäure des Kalziumkarbonats, soweit dasselbe vorhanden. Der verbleibende wenig feste Ätzkalk verändert damit die Festigkeit des Steins bis zum Zerfallen desselben. Steigt jedoch die Temperatur höher, so stellt sich in Berührung mit den Quarzsandkörnchen ein Schmelzen des Ätzkalkes ein, was dann zu einem Abfließen des gebildeten schmelzenden Kalksilikates führen und bei länger andauernder Erhitzung verhängnisvoll werden dürfte. Was die mögliche Verwendung der Kalksandsteine

1) Tonind.-Ztg. 1903 Nr. 48.

angeht, so sind diese sauren Steine, abgesehen von deren im allgemeinen nicht großen Schwerschmelzbarkeit, da nicht angebracht, wo eine Berührung mit basischen Stoffen, so in Zement- und Hochöfen usw. stattfindet. Für die Vermauerung ist selbstredend ein ähnlich zusammengesetzter Mörtel zu nehmen. Noch ist bei der bezeichneten Fabrikation zu beachten, daß dazu ein Sand benutzt wird, welcher auf Grund einer Vorprüfung im Feuer nicht allzu sehr wächst.

Gemischte Quarzsteine.

Bei diesen kieselsäurereichen Steinen, welche ihren Namen von dem am meisten dazu verwendeten Material, dem Quarze haben, unterscheidet man im Handel, wie schon angedeutet, zwei Arten: reine Quarzsteine, mit einem Gehalte von meist über 95 Proz. Kieselsäure, oder gemischte, mit mehr oder weniger Tonbeimengung. Statt des Quarzes oder Quarzsandes dient dazu, wenn auch weniger häufig, Sandstein, Quarzit, Hornstein, gereinigter Feuerstein, Kiesel usw. Besprechen wir zuerst die am längsten bekannten gemischten Quarzsteine.

Hierhin sind zu rechnen Steine, wie sie am gewöhnlichsten und für den Fabrikanten ökonomisch, vorteilhaft und daher verführerisch zusammengesetzt werden aus Ton und natürlichem Quarzsand[1]), aber weit besser mittelst sortierter vorher gewaschener Quarzsandsteine, und auch Hornstein usw. mit und ohne Schamottezusatz.

Fabrikation. Die Herstellung der Quarzsteine, sofern man sich nicht schlechthin des bezeichneten ungleichmäßigen und häufig unreinen Quarzsandes bedient, hat ihre besonderen und oft eigenartigen Schwierigkeiten. Es wird dabei auf 1 Maßteil Ton bis zu 2 Teile Sand in dazwischen liegenden Abstufungen genommen und so schließlich ein mehr oder weniger leicht schmelzbares Tonerdesilikat erhalten. Soll dagegen ein in hohem Grade schwerschmelzbares Fabrikat erzielt werden, so muß Quarz oder ein recht fester Sandstein zur Anwendung kommen. Die Zerkleinerung ist alsdann mit vieler Mühe und großen Kosten verbunden. Erleichtern läßt sich freilich das Zerkleinern durch vorheriges Ausglühen des Quarzes oder Sandsteins und Abschrecken in Wasser, wobei aber das Material im Vergleiche mit dem gemahlenen rohen Stein an Bindefähigkeit verliert und man daher gezwungen ist, den Tonzusatz verhältnismäßig zu vergrößern, also in demselben Maße die Feuerfestigkeit zu vermindern. Zur Darstellung eines hervorragend feuerfesten Quarzsteins ist daher das Mahlen des rohen Quarzes usw. nicht zu umgehen und läßt sich nur dann der Tonzusatz bis zu der notwendigen Grenze verringern, um neben tunlichst hoher Schwerschmelzbarkeit eine ausreichende mechanische Festigkeit zu erlangen.

Von Wichtigkeit ist die Korngröße des in der Mischung verwendeten gemahlenen Quarzes. Besteht der fabrizierte Stein außer verhältnismäßig reinen Materialien aus einer hinreichenden Menge grober Körner, so ist er ungleich besser, d. h. schwerer schmelzbar wie ein Stein, der dieselbe Menge Quarz in fein gemahlenem Zustande enthält. Je feiner das Quarzpulver, desto größer

---

1) Steine, bestehend aus Ton und feinem Sand, platzen leicht im Feuer. Tritt dies nicht ein und werden sie bis zur Erweichung gebrannt, so kann auf diese Weise wohl ein dichtes und festes Fabrikat hergestellt werden. Ist der Sand grobkörnig, so ist er gewöhnlich ungleichartiger und leidet mehr an fremdartigen Beimengungen.



wird die Anzahl der Berührungspunkte mit den vorhandenen basischen Flußmitteln und tritt um so eher ein Schmelzen ein. Das gröbere Korn befähigt auch den Quarzstein ausreichend, Temperaturwechsel zu ertragen. Erfahrungsmäßig läßt sich eine bestimmte Grenze des Zusatzverhältnisses bis dahin ziehen, wo noch keine merkliche Auflockerung der Masse eintritt. Die Quarzsteine verlangen, wenn sie genügend fest sein sollen, eine sehr heftige Erhitzung an den heißesten Stellen im Brennofen, was daher überhaupt eine ausgedehnte Fabrikation voraussetzt. Bemerkenswert ist noch, wie früher erwähnt, daß nach Kerpely die Verarbeitung einer Quarzmasse in einer Knetmaschine mit einer bedeutenden Erwärmung verbunden ist, welche zur vollkommeneren Homogenisirung des Ganzen beiträgt.

Was bekannte Mischungsverhältnisse angeht, so nimmt man z. B. auf 1 Maßteil Schwarzenfelder [1]) Ton 2 Teile natürlichen oder weit bewährter vorher gewaschenen Sand aus dem Flusse Naab für die Schweiß- und Puddelöfen des Eisenwerks Fronberg bei Schwandorf. Der Ton wird angewendet als feinstes Mehl, Wasser nur bis zur krümelartigen Konsistenz zugesetzt und die Masse sehr stark in die Form eingeschlagen. Das Anfeuern muß für die lufttrocknen, bereits recht festen und dichten Steine sehr langsam geschehen. Die Steine halten in den dortigen Puddel- und Schweißöfen 5—6 Monate. Dasselbe Verhältnis wird eingehalten auf dem Achenrainer Messingwerk. Man nimmt hier Passauer Ton und teils künstlich bereiteten Quarzsand nebst etwas Kohlenklein. Der Quarz (aus älterem Gebirge) wird geglüht, abgeschreckt, zerkleinert und alsdann durch ein Sieb von 1 mm Weite gesiebt und noch gewaschen. Die spezielle Ausführungsweise siehe Dinglers Journal 156, S. 116. Nach Lundin werden angefertigt aus 3—5 Teilen Quarz, 2 Teilen Ziegelmehl und 1 Teil rohem holländischen Ballenton (Vallendarer) Ziegel für gewöhnliche feuerfeste Zwecke, zur Auskleidung für Ziegelöfen, Essen, Rostöfen, Frischherde usw.

Bei höheren Anforderungen an die Feuerbeständigkeit steigert man die Quarzmenge und nimmt auf 1 Teil Ton 8, 10, 14 bis selbst 16 Teile Quarz. So werden aus 8 Teilen Quarz und 1 Teil des genannten Tones Ziegel für Schweiß- und Puddelöfen fabriziert. Aus 10 Teilen Quarz und 1 Teil rohem Andenneton stellt man höchst schwerschmelzbare Ziegel dar. Steine aus 14 Teilen reinstem Quarz mit 1 Teil Blanskoer Ton geben nach Khern ein sehr widerstandsfähiges Fabrikat erster Sorte und in noch höherem Maße 16 Teile reinster Quarz und 1 Teil Göttweiger Ton.

Nach Erfahrungen im Großen muß der Tongehalt mindestens 6 Proz. (also auf 1 Teil Ton 16,7 Teile Quarz) betragen, da sonst die Steine zu leicht springen. Ein Gehalt bis zu 80 Proz. Kieselsäure wird namentlich bei sogen. Schweißsteinen durchgängig gefunden. Nach Leplay ergibt die mittlere Zusammensetzung der bei den Hüttenprozessen in Wales benutzten feuerfesten Materialien einen Kieselsäuregehalt von 79,5 Proz. Die Verarbeitung vornehmlich quarzhaltiger Masse finden wir auf der von Kerpely wegen der zweckdienlichen Anordnung der Einrichtungen besonders hervorgehobenen neuen Ziegelei feuerfester Steine von Reschitza.

Der Ton wird gemahlen auf einer Kollermühle. Die Zerkleinerung des Quarzes geschieht mittelst Pochwerk und Quetsche in einer von allen übrigen Werkstätten abgeschlossenen Räumlichkeit, was für die Gesundheit der Arbeiter

---

1) Dessen Untersuchung siehe Dinglers Journal 175, S. 447.

zu empfehlen ist und auf deren Leistung günstig einwirken muß. An die Knetmaschinen schließt sich das Formlokal mit den Arbeitstischen an; dann folgen, passend gelegen, die mit Luftheizung gewärmten Trockenkammern; gegenüber diesen liegen die mit einem Eisenblechdach überdeckten Ziegelbrennöfen, und hieran schließt sich das Magazin für trockene Steine in ganz geeigneter Weise. Der Betrieb der Mühlen, der Hebe- und Knetmaschinen erfolgt durch eine Dampfmaschine von 30 Pferdestärken. Auch gehören hierher z. B. die Gewölbe- und Zustellungsziegel für Schweiß- und Puddelöfen usw., wie sie auf den oben genannten österreichischen Werken bereitet werden aus: 1 Maßteil Binischer und Blanskoer Ton, 11 Maßteilen Quarz, gepocht und in der Korngröße bis zu 2 mm.

Nach 18stündiger Erhitzung auf der Schweißofenbrücke erscheint die Form dieser quarzreichen Steine noch völlig erhalten, wenn sie auch außen glasiert und teils rissig sind. Viele der namentlich aus Rohkaolinen angefertigten Steine sind ähnlich zusammengesetzt, doch sind sie meist tonhaltiger.

Auch lassen sich außergewöhnlich schwerschmelzbare Steine aus Kaolin und klarem Quarz anfertigen. Sie reißen aber leicht, und zwar mehr bei einem vorherrschenden Kaolin- als umgekehrt Quarzgehalt. Die Steine kann man recht hoch erhitzen, ohne daß sich Risse zeigen; wird aber die Temperatur höher gesteigert, so tritt infolge des dann plötzlich aus dem Kaolin entweichenden größeren Wassergehaltes ein Reißen ein und die Steine erscheinen locker oder, wie man sagt, klapperig.

Anforderungen. Verlangt man von den Schamottesteinen, daß sie hart und fest sind, so tritt bei den Quarzsteinen die Schwerschmelzbarkeit in den Vordergrund, und gilt als Hauptbedingung, daß sie sich im Feuer recht volumenbeständig verhalten und keinenfalls schwinden. Werden doch die Quarzsteine vorzugsweise gesucht als Gewölbziegel, besonders wegen ihrer charakteristischen Eigentümlichkeit, im Feuer zu wachsen, d. h. sogar die Fugen dichter zu schließen, statt zu schwinden. Bei längeren Gewölben kann es sogar vorkommen, daß selbst die stärksten Gewölbe, dieser gewaltigen Kraft nachgebend, auseinander getrieben werden oder der Bogen gesprengt wird. Es muß daher Sorge getragen werden, daß dieses Wachsen kein zu bedeutendes ist[1]). Auf eine sehr große Schwerschmelzbarkeit kommt es erst in zweiter Linie an, wenn auch zuweilen von den Quarzsteinen verlangt wird, daß sie an den heißesten Stellen, z. B. der Flammöfen, genügen.

Vorzüge und Nachteile. Quarzsteine widerstehen einer stark sauren Schlacke am längsten; eine sogenannte trockene Hitze vermögen sie auch in recht hohem Grade und andauernd auszuhalten. Dieselben sind infolge ihrer Porosität schlechte Wärmeleiter und stellen sich auch im allgemeinen billiger im Preise. Quarzsteine, deren Schwerschmelzbarkeit dem Normalton der sechsten Klasse gleichkommt, können eine Temperatur von 1500 bis 1600° vertragen, ohne irgendwelche Schmelzzeichen aufzuweisen.

Andererseits vertragen die Quarzsteine schlecht Temperaturwechsel und zeigen eine größere Neigung zum Reißen, Lockerbrennen oder Klapperigwerden. Bei häufigem Erhitzen und Abkühlen zerstört sich der Quarzstein selbst, indem die Quarzkörner jedesmal mehr oder weniger wachsen oder

1) Bei Benutzung von Sandstein ist zu bemerken, daß dichter Sandstein weniger wächst und verhält sich derselbe bereits ein wenig bindend.

sich zusammenziehen und daher infolge stetig fortgesetzter innerer Bewegung die Teile ihren Zusammenhang verlieren. Mit der Lockerheit nimmt das Einsaugvermögen für Schlacke zu und vertragen sie das Anbacken der Kohle oder Koks in geringem Maße. Ferner wirkt eine alkalireiche oder stark basische Flugasche beträchtlich abfließend auf kieselsäurereiche Steine ein, weshalb da, wo der Aschengehalt des benutzten Brennmaterials ein bedeutender oder die Flugasche wie in Flammöfen mit direkter Feuerung reichlich mitgerissen wird, die Quarzsteine verwerflich erscheinen.

Anwendung. Weit vorherrschend dienen, wie gesagt, die Quarzsteine für die Gewölbe [1]), und zwar in vielen Öfen wie verschiedenen Industrien. In den Sohlkanälen der Koksöfen, wo die Temperatur eine hohe ist und auch die Widerstandsfähigkeit gegen Temperaturwechsel in den Hintergrund tritt, werden mit Vorliebe die Quarzsteine verwendet [2]). Eine hohe Bedeutung haben dieselben und namentlich die oben besprochenen reinen Quarzsteine (Dinas) mit der außerordentlichen Entwicklung der Eisen- und Stahldarstellung in dieser Industrie erlangt. Auf den Eisenwalzwerken wendet man bei Puddel- und Schweißöfen hauptsächlich Quarzsteine in gewöhnlichen kleinen Formaten an. Als Bedingung gilt dabei, daß nicht allzu aschenreiche Kohlen verwendet werden, da, wie gesagt, die Flugasche und namentlich eine alkalireiche die Steine stark angreift. Nach Keller hat man auf den Eisenhütten in Westfalen die Erfahrung gemacht, daß die Quarzsteine die besten sind, welche allmählich abfließen. In den Kupolöfen und in dem oberen Teile der Tiegelöfen haben sich zur Ausmauerung recht hart gebrannte Quarzsteine am besten bewährt. Bei der Bessemerstahlfabrikation werden im allgemeinen Quarzsteine benutzt, die, wenn sie zweckentsprechend zusammengesetzt und sorgfältig hergestellt sind, auch vorzüglich halten. Die Steine im Boden werden aus sich besonders dazu eignendem Quarzit von höchstem Kieselsäuregehalt mit geringem Zusatz von Ton hergestellt. Besonders werden die Quarzsteine verwendet zum Ausbau der Nickelschmelzöfen, so in Frankreich. Auch benutzt man dieselben in den Glasöfen, namentlich in denen von älterer Konstruktion.

Feuerfeste Steine mit anderen fremdartigen Zusätzen, wie Kohle (Koks), Bauxit, Magnesit, Dolomit und Chromit.

Kohlenstoffsteine. Bekannt sind die Kokssteine, ein Gemenge von gesiebtem Koksklein mit wenig Lehmwasser, welche auf den Oberharzer Hütten zum Ausmauern der Bleiöfen von E. Kast angewendet und für Ziegel-

1) Sehr oft werden die Gewölbe aus Quarzsteinen in Normalformat ausgeführt, d. h. aus rechtwickligen Steinen. Da sich dieselben schlecht behauen lassen und dieses auch viel Zeit erfordern würde, so hilft sich der Maurer dadurch, daß er unten die Steine dicht aneinander stoßen läßt und die sich nach oben hin bedeutend erweiternden Fugen einfach mit Mörtel ausfüllt. Wird ein so hergestelltes Gewölbe erhitzt, so geht dasselbe infolge der Ausdehnung der unten fest gegeneinander gepreßten Steinpartien in die Höhe, die oberen Fugen treten weit auseinander und das ganze Gewicht wirkt zuletzt nur auf die untere Kante. Eine derartige ungleichmäßige Beanspruchung hat zur Folge, daß die unteren Teile der Mauer an einzelnen Stellen herabgedrückt werden und herunterfallen.

2) Von der bekannten und sehr bedeutenden Fabrik feuerfester Steine Dr. Otto & Co. zu Dahlhausen waren auf der Düsseldorfer Ausstellung (1902) nicht weniger als vier vollständige Koksöfen, ff. Steine verschiedenster Form vorgeführt nebst Ansichten, Modellen und Plänen einer Anlage von 100 Koksöfen mit Gewinnung der Nebenprodukte.

ofenwände empfohlen worden sind [1]). Sie bilden mit der Beschickung keine Schlacke, leiten die Wärme sehr schlecht und kommen billig zu stehen. Dieselben halten sich lange im Feuer, indem der, wenn auch die Schwerschmelzbarkeit herabdrückende Lehmüberzug, die Kohle vor Verbrennung schützt und andererseits die Kohle den Lehm am Zusammenschmelzen verhindert. Ein ähnliches Material bildet das sogenannte Gestübbe-Koksklein, Holzkohlenklein mit Ton vermischt, welches seit alten Zeiten mit bestem Erfolge in Freiberg wie im Harze zur Ausfütterung der Öfen dient.

In England werden schon länger reinere Kohlenstoffsteine angefertigt, und hat man denselben in neuerer Zeit auch bei uns besondere Aufmerksamkeit zugewendet, auf Grund von Versuchen im Großen, die teils gelungen sind, teils allerdings auch bestritten werden oder entschieden mißglückt sind. Eine endgiltige Beantwortung der Frage der praktischen Verwendbarkeit der Kohlenstoffsteine ist noch abzuwarten. Einer teilweisen Bewährung, so nach Dürre insbesondere für Ferromanganerzeugung, stehen beträchtliche Mißerfolge entgegen. In letzterer Hinsicht darf man die Abhängigkeit von den wechselnden Verhältnissen, so namentlich der Beschickung, keinenfalls außer acht lassen.

Die vielfachen und schwierigen Aufgaben, welche der Hochofen an die feuerfesten Steine nicht bloß in mechanischer Beziehung, sondern auch und in verstärktem Maße an die chemische Widerstandsfähigkeit stellt, erscheinen bei Anwendung von Kohlenstoffsteinen auf einmal in bestechender Weise gelöst. Ist doch die Kohle äußerst unschmelzbar [2]) und verhält sich auch sehr unangreifbar wie unauflösbar für andere Stoffe und namentlich saure wie basische Schlacke, sofern letztere nicht metalloxydhaltig ist. Auszunehmen ist selbstverständlich die Verbrennung, also Zufuhr von Sauerstoff [3]). Wesentlich bedenklicher verhält sich das schmelzende Roheisen, welches das Bestreben hat, sich zu kohlen auf Kosten der Kohlenstoffsteine. Dieses wie vorhandenes Eisenoxydul müssen dem Kohlenstoffstein Kohle entziehen, ihn also verzehren. Für das untere Gestell des Hochofens, für den Bodenstein [4]), sind daher Kohlenstoffsteine entschieden nicht angebracht. Günstiger stellen sich die Verhältnisse für die Wandungen des Gestells und der Rast, welche nicht immerwährend mit dem flüssigen Eisen in Berührung kommen, und liegen in dieser Beziehung nach Lürmann [5]) und auch nach Jung [6]) sehr gute Erfahrungen vor. Für den Kernschacht, der durch die Reibung der Materialien zu leiden hat, dürfte die Anwendung problematisch sein.

Günstiger lautet ein Bericht von Kail in der österreichischen Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen. Die Firma Ganz & Co. in Budapest ließ einen in Kroatien gepachteten Hochofen mit Kocksziegeln zustellen. Die Ziegel wurden geliefert von der Euskirchener Tonwarenfabrik in Mechernich, hatten bei einem

---

1) Notizblatt V, S. 217.

2) Ein sehr starker elektrischer Strom vermag nur erst eine Erweichung der Kohle zu bewirken.

3) Nach Th. Jung findet sich unzersetzte Luft überhaupt nicht in dem Gestell des Hochofens. Vortrag im Saarbrücker Bezirksvereine deutscher Ingenieure (Tonindustrie-Ztg. 1891, Nr, 40).

4) Nach Mitteilungen von Jung war bei einem zweimaligen Versuche im Hochofen ein 800 mm starker Bodenstein in kurzer Zeit völlig verschwunden und schwammen einzelne Steine im Herde herum.

5) Lürmann, Vortrag in der Gen.-Vers. des Vereins der Fabriken feuerfester Produkte. Berlin, Februar 1892.

6) Töpfer- u. Ziegler-Ztg. 1893, Nr. 12.

spezifischen Gewicht von 1,51 einen Aschengehalt von 12,75 Proz. Die Festigkeit der Ziegel war eine geringe, die Bruchfläche zeigte eine dichte, homogene und feinkörnige Struktur. Die Bearbeitung der Koksziegel geschah mit flachem Meißel und durch Aufeinanderschleifen zweier Ziegel. Besser dürfte sich das Abschleifen auf einer geriffelten Gußeisenplatte bewirken lassen. Als Bindemittel verwendet man einen Mörtel, bestehend aus zwei Teilen Koksstaub und einem Teil Ton — Jung gibt 1/4 Tonzusatz an. Zum Schutze der Kohlenstoffziegel gegen den beim Ablassen des Hochofens zur Wirkung kommenden Sauerstoff der Luft wurden die Kohlenstoffsteine mit einem 4 cm starken Mörtelanwurf versehen. Der Ofen wurde sodann auf übliche Weise ausgetrocknet und angelassen. Nach einer Betriebsdauer von 28 Wochen erwies sich das Material noch als vollkommen sicher. Daselbst wurde auch der Versuch gemacht, einen Kupolofen mit Kohlenziegeln zuzustellen, welcher aber bei mangelnder Schutzhülle nicht glückte. (Tonind.-Ztg. 1891, No. 39.) In Düsseldorf (1902) befanden sich Kohlenstoffsteine ausgestellt von den Schamotte- und Dinaswerken Birschel und Ritter in Erkrath, worüber die Firma in der Tonindustrie-Ztg. 1902, No. 124 schreibt, daß sie bereits die Zustellung von 6 Hochöfen für Boden, Rast und Gestell im Auftrag bekommen hat. Die Druckfestigkeit der Kohlenstoffsteine beträgt im Durchschnitt 286 kg per qcm.

Nach Jung halten sich die Kohlenstoffsteine in Bleischachtöfen sehr gut. Sie widerstehen der sauren Bleischlacke (Singulosilikat) vollständig. Als Vorzüge sind noch anzuführen, daß Kohlenstoffsteine, wie gesagt, schlechte Wärmeleiter sind und Änderungen des Volumens bei Temperaturwechsel oder des Fassungsraums kaum zeigen und endlich zur Bildung der sogenannten Hochofensäure keinen Anlaß geben [1]).

Herstellung. Nach Jung, dem wir hier folgen, wird der Koks getrocknet — je aschenreiner derselbe, desto besser —, gemahlen und gesiebt und erhält einen Zusatz von 20 Proz. Teer, mit dem er innig vermischt wird, was unter Umständen in etwas warmem Zustande geschieht. Hiernach wird die außerordentlich plastische Masse in dünnen Lagen in Blechkasten, die mit Scharnieren verschließbar sind, eingestampft und dabei die Vorsicht gebraucht, beim Nachfüllen neuer Masse die Oberfläche stets wieder etwas aufzukratzen. Der Stein selbst läßt sich aus der Form nicht herausheben; er bleibt zum Trocknen auf den Holzplättchen liegen, was etwa 14 Tage in Anspruch nimmt. Die Fabrikation unterscheidet sich also kaum von der gewöhnlichen. Bei dem Brennen der Steine hat jedoch ein vollständiger Luftabschluß stattzufinden, ja, selbst die Zwischenräume in den Muffeln werden mit Kohlenstaub — Koksklein, Koksstaub — ausgefüllt. Durch die Erwärmung wird der Stein zuerst wieder weich und sucht sich auszudehnen, was aber durch den Kohlenstaub verhindert wird. Gewöhnlich benutzen die Fabrikanten hierzu Muffeln aus rohem Ton, den sie bei dieser Gelegenheit zu Schamotte brennen. Fast überflüssig erscheint es, zu bemerken, daß außerdem etwaige Undichtigkeiten bestens verschmiert werden müssen, um den Luftzug abzuhalten. Beim Brennen verkohlt nun der Teer und bildet mit den Koksteilchen eine einzige Masse. Es bietet demnach die Anfertigung der Steine, ob groß, ob klein, heutzutage keine Schwierigkeiten mehr. Man vermag so schön gearbeitete Steine von 500—800 mm Länge, 560 mm Höhe und 200 mm Breite anzufertigen. Nach Dürre werden die Kohlensteine aus aschefreiem Retortengraphit mit

1) Vergl. den vorhin zitierten Vortrag.



einem Zusatz von 5—6 Proz. Basen hergestellt. Dieselben haben sich bei den Bleiöfen in Mechernich ausgezeichnet bewährt. Werden die Steine angekalkt, so glasieren sich dieselben in dem Ofen, wobei die entstehende Haut den Zutritt des Sauerstoffs verhindert oder beschränkt. (Vortrag von Dürre im Verein deutscher Fabrikanten feuerfester Produkte, Februar 1895.)

Die Analyse eines Kohlenstoffsteines, welcher dem Verfasser zuging, ergab in dem bei 100° getrocknetem Steinpulver [1]) 86,34 Proz. kohlige Substanz [2]) und 13,66 unverbrennlichen Rückstand [3]). Der untersuchte Stein war von gleichmäßig schwarzer Farbe, wie von gleichartig feinem Korn. Die Körner bilden funkelnde Pünktchen. Die im ganzen leichte Masse erscheint ziemlich hart und fest, doch lassen sich Stückchen mit den Fingern abbrechen.

Bauxitsteine. Verwendet wird der Bauxit zu Bauxitsteinen; dieselben wurden bereits im Jahre 1858 von Gaüdier empfohlen [4]). Sie halten sich, wenn der Gehalt an Eisen oder Kieselsäure kein zu großer, in hohen Hitzegraden, ohne zusammenzuschmelzen. Auf der Wiener Ausstellung (1873) fanden sich solche als matière première de la Compagnie Parisienne. Proben davon hielten in annähernder Platin-Schmelzhitze völlig ihre Form, doch erschien der Bruch homogen mit krugartiger Verdichtung [5]).

Mängel. Durch die pyrometrische Bestimmung, wie die Erfahrung im Großen ist erwiesen, daß die Bauxitsteine bei der Erhitzung erweichen, ohne zu shmelzen, und vertragen sie daher keine Belastung. Ferner schwinden die Steine bereits bei der Fabrikation sehr bedeutend, und wird ihre Haltbarkeit oft wesentlich beeinträchtigt durch ein bedeutendes Nachschwinden, Reißen, wie auch Springen. Hierzu kommt als Hauptübelstand das bedeutende Einsaugevermögen des geglühten Bauxits, welcher die Schlacke des Brennmaterials begierig aufsaugt und trotz größter Schwerschmelzbarkeit für sich im geschlossenen Tiegel, aber dem offenen Feuer ausgesetzt, nach und nach der völligen Zerstörung anheimfällt. Dem allzu großen Schwinden läßt sich entgegenwirken durch Beimengung von Quarz oder quarzreichen Mineralien. Gegenüber diesen begründeten Bedenken wird darauf hingewiesen, daß der Bauxit je nach der bestimmten Zusammensetzung sehr hoch schwerschmelzbar sei, welches außerordentliche Verhalten immerhin im gegebenen Falle auszunutzen wäre.

Herstellung. Inbetreff der Herstellungsweise findet sich in der Literatur nur die dürftige Angabe, daß der ausgelesene Bauxit gebrannt, fein gemahlen und darauf mit 1/6 gut bindendem feuerfesten Ton versetzt wird. In einem englischen Patent wird angegeben, kalzinierten Bauxit, der möglichst frei von Kieselsäure, Eisen und Alkalien ist, mit Kalkmilch zu einer Paste zu vermahlen; in einigen Fällen gibt man noch ein wenig ungebrannten Ton hinzu. Die tonerdereiche Masse dient zu feuerfesten Steinen, wie als Ofenfutter da, wo ein recht hoch tonerdehaltiges Material verlangt wird [6]).

---

1) Mit Alkohol das Steinpulver extrahiert gingen 0,28 Proz. harziger oder teerartiger Bestandteile in Lösung, deren Herkunft jedoch nicht festgestellt werden konnte.

2) Die kohlige Substanz wurde bestimmt durch fortgesetztes Glühen und Wegbrennen.

3) In dem unverbrennlichen Rückstand rührt ein bestimmter Teil vornehmlich von den Koks her.

4) Dinglers Journal 198, S. 156.

5) Der Verf. Dinglers Journal 210, S. 109.

6) Central-Anz. 1886, Nr. 17.

Anwendung. Siemens benutzt die Ziegel aus Bauxit in seinen rotierenden Öfen zur direkten Herstellung von Eisen und Stahl [1]), wobei sich dieselben bewährt haben. Eine große Dauerhaftigkeit zeigen gute Bauxitsteine, wenn sie nicht mit schmelzenden kieselsäurehaltigen Massen, sondern nur mit schmelzenden Metallen, wie deren Oxyden, oder mit basischen Schmelzmaterialien in Berührung kommen, so z. B. wie gesagt in den Bleiraffinerien [2]).

Als Zusatzmittel ist Bauxit zu den sogenannten basischen Steinen oder dem basischen Futter benutzt worden. Ein Verfahren zur Ausfütterung der Bessemer-Birne damit wurde der Gutehoffnungshütte in Oberhausen a. d. Ruhr patentiert.

Analysen. Ein südfranzösischer Bauxitziegel (sogenannter Drazenitziegel) hatte folgende Zusammensetzung: (Leitm. C. A. 1888, No. 15.)

Tonerde	60,4 Proz.
Kieselsäure	33,7 „
Eisenoxyd	5,4 „
Titansäure.	0,1 „

Von einem amerikanischen Bauxitziegel wird angegeben, daß er die sehr bedeutende Menge von zirka 90,5 Proz. Tonerde, 2,0 Proz. Kieselsäure, 1,0 Proz. Eisenoxyd, 5,0 Proz. Titansäure und 1,5—2,0 Proz. Kalkerde enthalten. (Tonind.-Ztg. 1895, No. 10.)

Feuerfeste Steine aus Magnesia, aus Dolomit, sowie Chromit, Magnesiaziegel [3]) usw. Im Gegensatz zu der meist einfachen und sehr naheliegenden Darstellung der feuerfesten Steine aus bindendem und hart sich brennendem Ton bietet die aus Magnesia, welche die Lösung ungleich höher gesteigerter Aufgaben verlangt, bedeutend größere Schwierigkeiten. Sollen die an einen durchaus brauchbaren Magnesiastein zu stellenden Anforderungen bei höchster Schwerschmelzbarkeit große Dichtigkeit, bedeutende Härte, geringes Schwinden in hochgesteigerter Temperatur, Wetterbeständigkeit und Transportfähigkeit ausreichend genug erfüllt werden, so verlangt dies eine ebenso sachkundige als sorgsame, ja subtile Behandlungsweise. Ein umfassendes Studium der Eigenschaften der Magnesia und ihrer Verbindungen, sowie eine Reihe gesammelter Erfahrungen mußten so ganz notwendig vorhergehen, ehe man Schritt für Schritt ein erwünschtes und endlich immer zufriedenstellenderes Ziel erreichen konnte, woraus sich erklärt, daß nur erst eine längere Versuchszeit im Stande war, zu praktisch brauchbaren Resultaten zu führen. Diesen interessanten Entwicklungsgang, wonach die ersten Versuche stetig durch neuere überholt wurden, bis zu einem bestimmten Abschluß zu verfolgen, soll daher unsere Aufgabe sein.

Eigenschaften der Magnesia und deren Beimengungen. Schicken wir die hier maßgebenden Eigenschaften der Magnesia und der dabei in Betracht kommenden Beimengungen kurz voraus. Die Magnesia bietet als basische Substanz, wie auch für die technische Behandlung mehrfache Vorzüge. Die heftigst gebrannte und so verdichtete Magnesia [4]) verhält sich außer ihrer

---

1) Maschinenbauer 1873, Nr. 23.

2) Über erprobte Anwendung in einem Bleiwerk vgl. Sprechs. 1882, No. 30 ferner Töpfer-Ztg. 1882, Nr. 31,

3) Für gebrannte Steine ist die Bezeichnung „Ziegel“ in Vorschlag zu bringen, an welcher Benennung zur Vermeidung von Verwirrung festzuhalten ist.

4) Die chemisch reine oder schwach gebrannte Magnesia zeigt sich bekanntlich sehr locker und höchst voluminös. Sie zieht rasch bis zur Hälfe ihres Ge-

höchsten Schwerschmelzbarkeit verhältnismäßig recht indifferent, sie zieht wohl Wasser an, bindet dasselbe aber nicht, wie dies bei dem Kalk in störendem Maße unter starker Aufblähung der Fall ist, nimmt auch Kohlensäure nicht bedeutend auf [1]) und verträgt, was bei Flußeisendarstellung wichtig, eine Berührung mit Quarz im Feuer, ohne, wie behauptet wird, ein Silikat zu bilden, und selbst die Phosphorsäure dürfte sie beim Thomasieren nur aufsaugen, aber keine Verbindung damit eingehen. Reine Magnesia stellt sich daher als ein in mehreren Beziehungen besonders geeignetes Material dar. Ihre außerordentliche Schwerschmelzbarkeit bereitet sogar bei der Fabrikation gewisse Schwierigkeiten und man ist daher darauf angewiesen, Schmelz- oder Sinterungsmittel, wie Eisenoxyd, Tonerde und aufgeschlossene Kieselsäure, zuzusetzen oder diese Stoffe als natürliche Beimengungen des Magnesits aufsusuchen, wovon denn bereits geringe Mengen die zur genügenden Festigkeit und Dichtigkeit dienende Sinterung der Fabrikate hervorbringen, ohne aber die Schwerschmelzbarkeit oder ihren Zweck beim basischen Prozeß wesentlich zu beeinträchtigen.

Rohmaterial. Als Rohmaterial für Steine benutzt man jetzt wohl fast nur den steirischen Magnesit, einen Magnesitspat aus Veitschthal [2]), welcher unten näher beschrieben werden wird, wegen seiner Fähigkeit, in hoher Temperatur zusammenzusintern, ohne aber zu schmelzen. Man gibt diesem weniger krystallinischen Material den Vorzug vor dem magnesiareicheren griechischen Magnesit (von der Insel Euböa). Die bezeichnete Sinterung steht wahrscheinlich mit einem gewissen Eisengehalt (vielleicht neben Kieselsäure und Tonerde) in Zusammenhang, und dürfte auch die dabei auftretende charakteristische tiefbraune oder blauschwarze Färbung auf diese Beimengungen zurückzuführen sein.

Brennen. Zunächst muß der Magnesit gebrannt werden, was in einem Kupolofen mit kieselsäurereichen Steinen oder in einem Flammofen, einem Etageofen oder noch besser in einem mehr heißen Gasofen geschieht [3]).

Wird in unstreitig mehr rationeller Weise der genannte Magnesit vollständig, heftig und wiederholt durchbrannt (totgebrannt), was eine wichtige und notwendige Bedingung zur Verhütung des Schwindens und der Erzielung größerer Beständigkeit ist, so erleidet derselbe die bedeutende lineare Schwindung von ca. 25 Proz., geht aber alsdann in einen harten Zustand

---

wichtes Kohlensäure an, Wasser dagegen nur sehr allmählig unter Vergrößerung des Volumens. Bemerkenswerte Ermittelungen des Verhaltens der Magnesia gegenüber dem Kalke in geringerer Temperatur wurden von Mäkler angestellt. Mischungen von Ton mit Magnesia hielten geglüht bei Segerkegel 1 noch völlig die Form, während die mit Kalk sich deformierten oder schmolzen. Durch Zusatz von Magnesia statt des Kalkes gewinnt daher ein Ton bei mässigem Brande an Feuerbeständigkeit, was für die Praxis (etwa Magnesiasteingut wie auch Porzellan) zu beachten. Tonind. Ztg. 1901 S. 351.

1) Bei heftigst gebrannten Magnesiaziegeln, die längere Zeit an der Luft gelegen, zeigt sich beim Übergiesen mit Säure nur eine schwache Entwicklung von Kohlensäurebläschen.

2) In Brieg (Pr. Schlesien) hat man sich früher des Frankensteiner dichten Magnesits zur Herstellung von Magnesiasteinen bedient. (Töpfer- u. Z.-Ztg. 1881, S. 60).

3) Hulwa in Breslau, der nach einem Patente Wert darauf legt, daß beim Brennen die Temperatur nicht über 600° C steigt, empfiehlt einen andern Ofen. Der Erfinder will so sämtliche Magnesia hydraulisch oder leicht formbar erhalten, also in zweckwidriger Weise eine noch stark schwindende und zugleich unbeständige Masse benutzen. (Töpfer- und Ziegler-Ztg. 1891, Nr. 52).

über. Zerreibt man diese steinharte Masse, so resultiert ein völlig mageres, sandartiges, recht unveränderliches und gegen die Kohlensäure der Luft wenig empfindliches Pulver, welches dagegen, sieht man ab von außerordentlich hohem Druck, zum Formen und festen Brennen eines Bindemittels bedarf.

Zubereitung und Vorgänge beim Glühen. Das Glühen des Magnesits und des von Schlösing genauer untersuchten Magnesiahydrats bewirkt folgende Änderung der physikalischen Eigenschaften. Bei Rotglut verlieren beide die flüchtigen Stoffe, jener die Kohlensäure [1]) und dieses das Hydratwasser und gehen in wasserfreie und namentlich das Hydrat in dichtere Magnesia über, welche schleimig oder einigermaßen bindend ist und hydraulische Eigenschaften besitzt, d. h. unter starkem Drucke formbar wird. Je niedriger die Temperatur war, um so rascher nimmt die Magnesia Wasser wie Kohlensäure aus der Luft wieder auf. Wird die wasserfreie Magnesia stärker erhitzt, so schwindet sie noch beträchtlich, wird, wie gesagt, höchst dicht, hart und damit völlig unbildsam, aber überhaupt außerordentlich unveränderlich. Das spezifische Gewicht steigt bei der totgebrannten Magnesia von 3,0 bis auf 3,8. Diese einerseits beständige, sowie die formbare Magnesia andererseits bildeten früher das erwünschte und ausschließliche Rohmaterial für die Magnesiasteine. Nach Lezius kann man aus diesen beiden Magnesiaarten ohne Zuhilfenahme irgendwelcher fremdartigen Stoffe einen guten und brauchbaren Stein mit hellem Klang darstellen, welcher dem besten Schamottestein an Härte und Festigkeit nicht nachsteht.

Je mehr man von der beständigen Magnesia anwendet, um so weniger schwindet das Fabrikat daraus, und je mehr man von der formbaren nimmt, um so leichter ist das Formen und um so fester brennt sich das alsdann mehr schwindende Gemenge bei möglichst starker Erhitzung. Nach Schlösing gibt ein Maßteil wasserfreie und zwei Maßteile unveränderliche Magnesia einen recht festen Stein, der nur noch wenig schwindet.

Diese einem früheren Stadium der Fabrikation angehörige Herstellung [2]) der Magnesiasteine hatte somit eine ganz bestimmte Ähnlichkeit mit der der Schamottesteine. Ebenso wie man diesen durch das Brennen des Tones, und im allgemeinen je heftiger, um so besser, sich den haltbaren Körper in Stückchen oder Pulverform darstellt, dem alsdann bindender Ton beigemengt wird, so brannte man sich denn aus dem Magnesit den unveränderlichen Magnesiakörper, den man zur Bindung mit einem Teil schwächer gebrannter hydraulischer Magnesia versetzte. Man hat daher nicht mit Unrecht den Magnesiastein als den umgekehrten Dinas bezeichnet. Während dieser pyrometrisch um so höher steht, je kieselreicher (saurer) derselbe, so nimmt der Magnesiastein eine um so höhere Stufe ein, je magnesiahaltiger (basischer) derselbe ist. Wir haben aber bei diesen basischen Dinas nicht bloß einen ähnlichen, sondern den auch in anderer Beziehung völlig analogen Fall. Wie bei den Dinas sehr geringe Mengen Tonerde die Wirksamkeit zwischen Kieselsäure und den wenigen Prozenten Kalk

---

1) Die Magnesia gibt bekanntlich die Kohlensäure viel leichter wie der Kalk ab.

2) Neuerdings wendet Spaeter, worauf wir unten noch besonders kommen werden, zur Herstellung der Magnesiaziegel nicht mehr einen Zusatz von hydraulischer Magnesia an, sondern bedient sich nur der aus dem Magnesit in höchster Weißglut gebrannten Magnesia. In dem völligen und nicht bloß teilweisen Totbrennen liegt demnach der Schwerpunkt der neuesten Fabrikation.

erst zur vollen Wirksamkeit als Verkittungsmittel bringen, so spielt bei den basischen Steinen auch etwas Tonerde oder vielmehr etwas Eisenoxyd (meist Eisenoxydul) neben Kieselsäure die durchaus bedingende Rolle, was die technische Ausführbarkeit betrifft. Analog ist auch das bedeutend stärkere Erhitzen beim Fertigbrennen der basischen Ziegel wie der Dinas gegenüber den Schamottesteinen.

Bindemittel. Als Binde- oder Formmittel läßt sich unterscheiden zwischen fremdartigen, den hinzugebrachten und der bindefähigen Magnesia selbst oder deren Verbindungen. Zunächst hat man Ton [1]) bis zu 10, 15 Proz. und je nach der Reinheit noch mehr genommen, dann den schon länger geschätzten, jedoch wasserfreien und dickflüssigen, fadenziehenden Teer angewendet, ferner wurden angegeben Soda, Kieselsäure [2]), Essig [3]), Phenolate (Mischungen von Karbolsäure mit Alkalien und alkalischen Erden). Unter diesen Beimengungen wird durch diejenigen, welche, wie der Ton, Flußmittel enthalten oder als Schmelzmittel auftreten, die Schwerschmelzbarkeit wesentlich herabgedrückt, während bei denen mit vorhandenen flüchtigen oder verbrennlichen Stoffen das Fabrikat an Festigkeit beim Fertigbrennen verliert und daher diese Mittel und namentlich letzteres verwerflich erscheinen. Was die Magnesiaverbindungen angeht, so hat man auch das einigermaßen bindende Magnesiumchlorid und Magnesiumhydroxyd angewendet, in Verbindung mit der bezeichneten Eigentümlichkeit des Magnesits, bei schwächerem Brande einen kaustischen und hydraulichen Zustand anzunehmen. Von dieser kaustischen Magnesia wurde zur Darstellung von Ziegeln bis zu 10 Proz. verwendet, Lezius nahm nur wenige Prozente. Zu Ausbesserungen als Mörtel oder Stampfmasse benutzte man bei der kaustischen Magnesia zur Herabminderung der Schwerschmelzbarkeit etwas Kieselsäure. Handelte es sich um große mechanische Festigkeit, so vermehrte man bei den Fabrikaten den schon vorhandenen Eisengehalt durch noch mehr Zusatz von Eisenoxyd oder auch Silikaten. Will man ein lockeres Fabrikat erzeugen, so setzt man Sägemehl, Stärke usw. zu. Soll nur totgebrannte Magnesia genommen werden, so wurde von Lezius Soda als Bindemittel benutzt.

Nach Bleichsteiner (Österr. Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen) ist von der totgebrannten, aber nicht gesinterten Magnesia der sogenannte

---

1) Die Versuche mit Tonzusatz haben einen überhaupt untergeordneten Erfolg gehabt.

2) Die Kieselsäure, sofern nicht Kieselsäurehydrat genommen wird, wirkt nur als Schmelz- oder Verkittungsmittel. Nach dem D. R. P. Nr. 66103 wendet man als Bindemittel Kieselsäure in gallertartigem oder in Wasser gelöstem Zustande an. Das Magnesiumhydrat wird mit wässeriger gelatinöser Kieselsäure (bis zu 10 Proz.) oder mit Wasser vermischt, in welchem Kieselsäure (in gleichem Prozentverhältnisse) gelöst ist. Die so erhaltene plastische Masse und die daraus geformten Gegenstände werden alsdann in Weißglühhitze gebrannt. Hervorgehoben wird dabei, daß auf diese Weise eine vollständige Verteilung der als Sinterungsmittel dienenden Kieselsäure, welche einen Gehalt von 12 Proz. nicht übersteigen soll, erreicht wird. Auch betont der Patentinhaber, daß nach diesem Verfahren die Zuführung anderer Basen, die zur Bildung leichter schmelzenden Doppelsilikate Anlaß geben, vermieden werde. (Töpfer- u. Ziegler-Zeitung 1893, Nr. 4.)

3) Nach Clamont geben Lösungen von leicht durch die Hitze zersetzbaren Magnesiasalzen, z. B. essigsaure Magnesia zu einer Mischung von ungebrannter und gebrannter Magnesia, derselben eine außerordentliche Plastizität, so daß man die feinsten und schwierigsten Stücke daraus formen kann. Sprechsaal 1881, S. 248.

Sintermagnesit zu unterscheiden. Magnesit, der andere Beimengungen enthält, vermag ja, wenn man die genügend hohe Temperatur anwendet, zu sintern, d. h. er frittet, je nach der Menge der Schmelzmittel sehr stark, wenn er völlig totgebrannt wird. Der Eisengehalt muß beim Sintermagnesit einen gewissen Betrag, etwa 2—4 Proz., ausmachen, da sonst das Sintern eine allzu hohe Temperatur erfordert. Das Brennen geschieht am besten in Schachtöfen von passender Größe und Höhe und mit reineren Kohlen. Auf der Schamottefabrik in Witkowitz bedient man sich dazu eines Siemensgasofens mit gutem Erfolge.

Formen. Beim Formen der Masse ist ein hoher Druck mittelst hydraulischer Pressen anzuwenden, und um so mehr, je größer die Menge des totgebrannten Magnesits ist. Eine Rissigkeit beim Austrocknen wird vermieden durch längeres Feuchthalten.

Fertigbrennen. Die Steine müssen vor dem Einsetzen in den Ofen völlig trocken sein, dann möglichst stark und gleichmäßig gebrannt werden, um einem fatalen Schwinden beim Gebrauche zuvorzukommen. Flammöfen oder der Mendheimsche kontinuierliche Gaskammerofen, welche mit pulverförmiger Magnesia ausgestampft oder mit Magnesiaziegeln ausgekleidet sind, dienen dazu. Die fertig gebrannten Steine bedürfen einer langsamen Abkühlung.

Kurz zusammengefaßt, gilt jetzt als Haupterfordernis für die Fabrikation der Magnesiasteine die zweckdienlichste Auswahl des Magnesits und dessen richtiges Glühen. Zusätze sind bedingt durch etwa gestellte spezielle Anforderungen für besondere Fälle.

Fabrikation in Brieg. Wiewohl auf der schon erwähnten ersten größeren Fabrik von Magnesiaziegeln in Brieg, welche nunmehr in andere Hände übergegangen ist, jetzt keine derartigen Ziegel mehr gemacht werden, so möge doch der Vollständigkeit halber und wegen der manche Einzelheiten berührenden Beschreibung die dortige Fabrikationsweise angeführt werden. Das Rohmaterial dazu bildete, wie erwähnt, der bei Frankenstein vorkommende dichte Magnesit. Derselbe wurde bei möglichst hoher Temperatur und nur ein Teil, welcher als Bindemittel diente, bei geringerer gebrannt. Der gebrannte Magnesit wurde mittelst Walzen, die sich mit verschiedener Geschwindigkeit bewegten, zerkleinert und durch Rüttelsiebe gesiebt. Das feine Pulver erhielt als Bindemittel ein wenig Magnesiumchloridlösung und die Formgebung mittelst einer hydraulischen Presse, welche mit einem Drucke von 110 Atm. arbeitete, so daß der auf einem Stein ausgeübte Druck zirka 1000 Zentner betrug. Die gepreßten Steine wurden an der Luft behutsam getrocknet, wobei sie sich etwas erwärmten, härter und fester erschienen. Nach zirka acht Tagen gelangten sie in den Ofen (eine Kammer des Mendheimschen Gasringofens), um darin einer recht hohen Temperatur ausgesetzt zu werden. Die Sohle des Ofens war mit Magnesiasteinen gepflastert. Die Steine kamen tunlichst kompakt nebeneinander, und zwar nur 6—7 Schichten hoch. Pyroskope aus Feldspat und feuerfestem Ton dienten zur Schätzung der Brenntemperatur, welche hoch gesteigert werden mußte, damit die zirka 98 Proz. Magnesia enthaltenden Steine genügende Festigkeit erlangten. (Haupt, Töpfer- u. Ziegl.-Ztg. 1881, No. 31, 51.)

Herstellungskosten. Im allgemeinen kommt nach dem älteren Verfahren von Lezius, wie auch dem neueren, die Herstellung der Magnesiaziegel wesentlich höher im Preise als die der Schamottesteine. Das Rohmaterial

kostet erheblich mehr, dann verlangt dasselbe kostspieligere Vorarbeiten und verursacht auch die Temperatur beim Totbrennen größere Kosten. Dieselben sind doppelt so teuer wie gute Schamottesteine.

Analysen. Solche von Magnesiasteinen sind bis jetzt nicht bekannt geworden. Nach brieflicher Mitteilung von Lezius enthielten dessen aus schlesischem Magnesit hergestellte Steine durchschnittlich:

Magnesia	80,9 Proz.
Kieselsäure	4,8 „
Tonerde	1,8 „
Eisenoxyd.	6,8 „
Kalk	6,5 „

In betreff der Magnesiaziegel von Spaeter wird von Wedding angegeben, daß im Durchschnitt die Mischung aller gewonnenen Arten von Magnesit von den verschiedenen Förderpunkten im gebrannten Zustande enthielt:

Magnesia	85,34 Proz.
Kieselsäure	3,40 „
Tonerde	0,82 „
Eisenoxyd.	7,70 „
Kalk	1,75 „

Zum Schlusse endlich ist, was die heutige Herstellung der Magnesiaziegel angeht, deren neueste und am meisten vorgeschrittene Fabrikationsweise zu beschreiben. Dieselbe wird befolgt von der wiederholt erwähnten, durch ihren bedeutenden Besitz streirischer Magnesiagruben, wie Fabriken rühmlichst bekannten Firma C. Spaeter in Koblenz [1]).

Zur Erzeugung untadelhaften Sintermagnesits ist, wie gesagt, die höchste Weißglut erforderlich, und um hierbei die Magnesia nicht zu verunreinigen, ist die Zone des Ofens, welche für die höchste Temperatur in Anspruch genommen wird, mit Magnesiasteinen ausgekleidet. Die Beimengungen des Magnesits an Kieselsäure und Eisenoxyd sind so gering, daß eine Verschlackung des Magnesits durchaus nicht eintritt, sondern nur eine schwache Verdichtung durch Sinterung. Die Öfen arbeiten ununterbrochen, alle sechs Stunden wird der fertig gebrannte Sintermagnesit gezogen und dann direkt mittelst Aufzuges zur mechanischen Sortierung übergeführt, dort entstaubt und von Quarz und etwa noch vorhandenen anderen fremden Beimengungen mittelst Handarbeit befreit. Durch die Entstaubung geht der Kalkgehalt erheblich herab, da der in der Magnesia enthaltene gebrannte Kalk schnell Wasser anzieht, zerfällt und ein absiebbares Pulver bildet. Von hier aus geht das versandfähige Gut in die Verladeabteilung. Das Übrige wird zerkleinert und aus ihm werden die Magnesitsteine vermittelst einer hydraulischen Presse unter einem Druck von ungefähr 300 Atmosphären gepreßt, getrocknet und dann in Kammern unter unmittelbarer Einwirkung überschlagender Flamme zu je 3000 bis 6000 Stück gebrannt [2]). Neun solcher Brennkammern sind vorhanden und auch sie sind mit Magnesiasteinen ausgekleidet, die sich hier

---

1) Vertreten waren die rohen und gebrannten Magnesite in einem aufgemauerten Gewölbe aus Veitsch auf der Ausstellung in Chicago 1893 (ausgestellt von Spaeters Werkverwaltung in Veitsch, Steiermark)| Tonind. Ztg. 1893 Nr. 25.
2) Vergl. Schmatolla, Tonind.-Ztg. 1900 S. 2108.

gut halten, wogegen dieselben beim Brennen von Kalk, Dolomit, Strontianit und Portlandzement sich nicht bewährt haben. Für besondere Zwecke, Tiegel, Ferne, Düsen u. dergl. wird doppelt gebrannter Magnesit verwendet; ja es werden diese Gegenstände selbst noch zwei-, auch dreimal gebrannt. Zu den Formen, in welchen diese Steine hydraulisch gepreßt werden sollen, ist nur härtester Stahl verwendbar und selbst dieser wird in überraschend kurzer Zeit abgenutzt und unbrauchbar. Es sind die nötigen Hilfswerkstätten vorhanden, um diese Formen an Ort und Stelle bearbeiten und nacharbeiten zu können.

Die fertig gebrannten Steine, welche von allen Größen bis aufwärts zu 50×50×25 cm unter der Presse von, wie gesagt, 300 Atmosphären angefertigt werden, schrumpfen, wie angegeben wird, weder, noch dehnen sie sich erheblich aus, ziehen keine Feuchtigkeit an und springen nicht bei bedachtsamem Erhitzen, entsprechen also allen Anforderungen, welche man an ein derartiges Ofenfuttermaterial zu stellen berechtigt ist. Sie werden jetzt in alle Gegenden der Welt, ganz besonders aber nach Deutschland, Frankreich, Österreich und Nordamerika versendet.

Der Versand betrug im Jahre 1892 fast 3700 Tonnen Rohmagnesit, über 9000 Tonnen Sintermagnesit und Fabrikate, darunter gegen 6000 Tonnen Magnesiasteine. Ferner wird die oben besprochene Magnesiastampfmasse und der Magnesiamörtel mit und ohne Teerbeimengung geliefert. Es werden aus 200 Gewichtsteilen Rohmagnesit 100 Gewichtsteile Sintermagnesit erhalten.

Anzuführen ist noch, daß man Magnesiaziegeln im Handel begegnet, welche statt dunkelbraun fast reinweiß bis auf einzelne rötliche Flecken erscheinen. Hinsichtlich außerordentlicher Schwerschmelzbarkeit kommen dieselben dem Spaeterschen Fabrikate gleich, ja die besten Sorten sind noch schwerer schmelzbar. Sie sind aber weniger hart gebrannt und schwinden teilweise mehr.

Pyrometrische Bestimmungen. Eine Berührung mit Ton verträgt ein Magnesiastein nur bei einer Erhitzung bis zu etwa 1600° C; steigt die Temperatur höher, so zergeht ein auf einer Tonscheibe aufgestelltes Stück zu einem grauen, dünnen Fluß, welcher die Tonmasse (eine Tonscheibe aus bestem Material) durchbohrt. Bei Anwendung einer Unterlage aus reiner Tonerde halten sich die Proben etwas, doch nicht bedeutend länger. Dem Schlackenangriff des Brennmaterials widersteht eine solche Probe etwa nur halb so lange Zeit, als ein guter Schamottestein. Durch wiederholtes Glühen soll bei dem Magnesiastein eine Volumenvergrößerung eintreten. (Tonindustrie-Ztg. 1902, No. 15.)

Auf der Koks- oder Gasretortengraphitunterlage läßt sich ein Magnesiasteinstück (oder auch sogenanntes Magnesiapulver zur Tiegelherstellung) bis zur annähernden Platinschmelzhitze erhitzen, ohne zu schmelzen, ja die höchststehenden derartigen Fabrikate vertragen eine Steigerung der Temperatur bis zur wirklichen Platinschmelzhitze.

Stücken eines Magnesiasteins, erhalten von C. Spaeter in Koblenz, hielten völlige Platinschmelzhitze aus (Platinschnitzel in einer Tonerdekapsel vollkommen eingeschlossen, bildeten ein Kügelchen), ohne zu schmelzen; sie erschienen alsdann kantig und ließ sich die Form der Probe noch erkennen[1]). Der eingesandte Magnesiastein war von dunkelbrauner Färbung, fest, hart und

1) Ein gleiches Resultat sehr hoher Schwerschmelzbarkeit bei demselben

klingend. Der sehr dichte Bruch zeigte eine körnige, doch ölige, mandelartige und glänzende Masse mit einzelnen Löchern. Nach einem früheren Versuche ertrug ein Stückchen eines Steins von Lezius auf einer Koksunterlage eine Erhitzung, in welcher der Zettlitzer Kaolin einen starken Hautüberzug hatte, und der Bruch blasig erschien, ohne zu schmelzen.

Anwendungsweise. Im allgemeinen dienen die Magnesiaziegel bis jetzt nur für besondere Zwecke. Nach Dürre sind dieselben „bisher noch nie mit gutem Erfolge angewandt worden" (Tonind.-Ztg. 1900, S. 390). Außer dem Entphosphorungsprozeß [1]) (Thomasieren oder das basische Verfahren in den Eisenwerken und Behandlung in den immer mehr in den Vordergrund tretenden Siemens-Martinöfen [2]), bei dem bekanntlich die Magnesia die Phosphorsäure aus dem schmelzenden Roheisen aufnimmt, benutzt man die Ziegel oder auch vorsichtig behandelte Stampfmasse aus totgebranntem Magnesit, Dolomit oder Kalk in Erbsengröße mit Teer versetzt [3]), zur Ausfütterung von Kalk-, Zement- [4]) und Strontianbrennöfen, wo es auf ein basisches Futter wesentlich ankommt, ferner in Bleihütten und Antimonwerken. Nach Wedding hat die Magnesia nicht nur Bedeutung für die Flußeisenerzeugung im Flammofen und in der Birne, sondern auch andere Teile der Eisenerzeugung, Hochofengestell, Kupolofen, Eisenmisch- und Entschwefelungsapparate ziehen davon Nutzen.

Wenn die Retorten undicht werden, sickert bekanntlich das Blei durch Schamottemauerwerk ungehindert hindurch, was bei Magnesiasteinen nicht der Fall ist. Bei einer Temperatur bis zu ca. 1600° C sind dieselben außerordentlich widerstandsfähig, steigt die Temperatur aber höher, so ändert sich mit dem Eintritt von schmelzenden Verbindungen die Haltbarkeit. Zum Mauerwerk aus den Magnesiasteinen wendet man als Zement Magnesia- und Teermörtel an. Auf möglichst schmale Fugen ist dabei zu sehen und verlangt überhaupt ein Herdaufbau mit Magnesiaziegeln eine sorgfältige Herstellung und Behandlung. Die Magnesiasteine ziehen, wie angedeutet, an der Luft Feuchtigkeit mechanisch an, welche vor der Verwendung durch vorsichtige Erhitzung ausgetrieben werden muß. Deshalb empfiehlt es sich, auch während zeitweiser Außerbetriebsetzung den Ofen warm, über 100° C, zu halten, wie ferner schroffen Temperaturwechsel beim Anheizen und Abkühlen zu vermeiden, wobei die Magnesite die fatale Eigenschaft zeigen, allzu leicht sich rissig zu brennen oder zu springen. Zu dem bezeichneten Teermörtel nimmt man gemahlenen, sintergebrannten Magnesit, und zwar 25 Gewichtsteile Mehl und den Rest als Körner von 2—5 mm und von Erbsen-, Bohnen- und Nußgröße. Der

---

Fabrikate fand auch Seger, welcher angibt, daß die Probe noch scharfe Kanten hatte in einer Temperatur, die, wie hinzugefügt wird, „sehr weit über Platinschmelzhitze" lag.

1) Nach Wedding nimmt der basische Betrieb nicht nur von Jahr zu Jahr in steigendem Masse zu, sondern verbreitet sich ins Ungeheuere.

2) Ein dem neuesten System entsprechender basischer Siemens-Martinofen in natürlicher Größe, mit dessen Hülfe jetzt der größte Teil des Eisens hergestellt wird, war von der Fabrik Idawerk in Düsseldorf (1902) ausgestellt.

3) Man stampft die totgebrannte Masse in die eisernen Mäntel der Converter, sowie auf die Bodenplatten auf und bringt durch Anwendung glühender Stampfeisen sofort eine teilweise Entgasung der Teerbestandteile und eine bedeutende Festigkeit der Masse hervor.

4) Nach Lezius hielten sich in den Dietzschen Kalketageöfen die Magnesiasteine bei vorsichtiger Behandlung befriedigend.

wasserfreie Teerzusatz schwankt zwischen 8—12 Proz. Weiterhin werden aus Magnesiamasse Tiegel (worüber das Nähere sich im Tiegelabschnitt angegeben findet), Muffeln, Düsen, Röhren und Kapseln hergestellt.

Auf der Columbus-Weltausstellung in Chicago (1893) fanden sich die Magnesitziegel von Spaeter, Wölbsteine, mit Nut und Feder versehen, vor, welche einen Teil eines Schmelzofens bildeten.

Dolomit. Statt der Magnesia hat man sich des billigeren und reichlicher im Mineralreich vorhandenen, aber unreineren, weniger geeigneten und pyrometrisch tiefer stehenden Dolomits bedient. Man brennt den Dolomit stark, bis ein teilweises Fritten eintritt, und vermischt ihn dann mit etwa 7 Proz. oder auch mehr des Gewichtes wasserfreiem Teer, welche Masse dann zum Ausstampfen der Birnen benutzt wird. Wegen des festeren Brennens des Dolomits kommt es, doch jetzt nur noch vereinzelt, vor, daß derselbe benutzt wird.

Die Herstellung von Dolomitsteinen [1]) ist zuerst und in größerem Maßstabe wohl einzig betrieben worden in der Fabrik von Vygen & Co. in Duisburg aus westfälischem Dolomit [2]). Die Steine schwinden beim Fertigbrennen bedeutend, bis zu 48,5 Proz., reißen und deformieren sich dabei leicht. Das Schwinden oder Sinken der Steine im Brennofen dient hierbei als Kennzeichen für den erforderlichen Hitzegrad, den man so weit zu treiben hat, daß eine Erweichung eintritt, welche erforderlich ist, wenn der Stein genügend wetterbeständig sein soll. Man hat zu dem Zweck auch die noch warmen Steine in heißen Steinkohlenteer eingetaucht [3]).

Die pyrometrische Prüfung dieser Steine ergab, daß dieselben in annähernd Schmiedeeisen-Schmelzhitze zusammenschmolzen und in einer Temperatur, welche wenig über Gußeisen-Schmelzhitze geht, zu einer karamelartigen Masse erweichen. Bei Berührung mit kieselsäurereichen Materialien schmilzt die Dolomitmasse sehr bald. Je kalkreicher der Dolomit, um so minderwertiger ist derselbe. Nach Lezius ist der Dolomitstein viel weniger wetterbeständig und transportfähig als der Magnesiastein.

Im Witkowitzer Eisenwerk ist der wenig versprechende Versuch gemacht worden, basische Ziegel aus einer Mischung von Dolomit und rohem Kalkstein herzustellen.

Auch hat man ein Gemenge aus Dolomit und Magnesia angewendet. Auf dem Eisenwerk „Rote Erde" bei Aachen soll sich nach Kintzle als basisches Futter für Konverter bis zur Sinterung gebrannter Dolomit, gemischt mit 15 bis 25 Proz. Magnesia, bewährt haben. (Tonind.-Ztg. 1890, No. 36.) In neuerer Zeit hat man, wie oben besprochen, die Kalksandsteine auch als feuerfest bezeichnet.

Chromitziegel. Man hat auch versucht, Ziegel aus Chromit herzustellen. Bekanntlich hat sich der Chromiteisenstein bei der Flußeisendarstellung in dem Siemens-Martin-Ofen als Trennungsmittel zwischen der basischen

1) Nach Kosmann (Tonindustrie-Ztg. 1892) ist die Fabrikation der Dolomitsteine jetzt kaum noch beachtenswert.

2) Derselbe enthält 54,30 Proz. Kalk, 43,11 Magnesia, 0,92 Kieselsäure und 1,32 Eisenoxyd nebst Tonerde, entspricht also im ganzen dem sogenannten Normaldolomit, bestehend aus gleicher Mischung Kalzium- und Magnesiumkarbonat. Dolomit findet sich in den Rheinlanden zu Bensberg bei Cöln, Gerolstein in der Eifel, Dietz in Nassau und in der Umgegend von Giessen.

3) Über die weiteren Einzelheiten der Fabrikation findet sich ein Aufsatz im Génie civil vom 1. Juni 1882.

und sauren Masse, den Magnesiasteinen und den Dinas, genügend bewährt. Die Magnesiaziegel halten sich, soweit sie vom schmelzenden Eisen bedeckt sind, gut, aber in höherer Zone, wo sie unbedeckt sind, ist dies nicht der Fall und wendet man hier die englischen Dinas an. Da sich nun aber der basische Ziegel mit dem sauren in der Hitze nicht verträgt, so müssen dieselben von einander getrennt werden, wozu dann der Chromitziegel dient.

Zur Herstellung der Ziegel aus dem gebrannten und pulverisierten Chromit wurde, wie bereits oben angegeben und worauf wir hier verweisen, als Bindemittel eine Mischung aus Gips, schwefelsaurer Tonerde oder schwefelsaurer Magnesia patentiert.

Säurefeste Ziegel.

Zu den feuerfesten Steinen gehört auch eine besondere Art, die sogenannten säurefesten Steine. Man verwendet dazu einen feuerfesten Ton, der sich recht hart, dicht, krug- oder porzellanartig brennt und damit möglichst widerstandsfähig gegen den Angriff der Säuren verhält, namentlich heißer Schwefelsäure in den Glover- und Gay-Lussac-Türmen. Für letztere wird in England ein Ziegelstein hergestellt, der nach zehnwöchentlicher Beanspruchung im Gloverturm nur etwa 0,13 Proz. und selbst in kochender Schwefelsäure nur einen verschwindenden Teil seines Gewichtes einbüßt. Englischen Quellen ist zu entnehmen, daß dazu Fabrikate aus stark eisenhaltigem Ton angefertigt und bis zur völligen Sinterung gebrannt werden. Ihre Farbe ist oberflächlich braunblau, auf dem Bruche blau, der Härtegrad liegt zwischen dem des Quarzes und Topases, das spezifische Gewicht beträgt 1,93. (Analyse derselben siehe des Verf. „Gesammelte Analysen" Seite 147.) Bekanntlich besitzt auch das Steinzeug eine große Widerstandsfähigkeit gegen säurehaltige Flüssigkeiten. (Deutsche Töpfer- u. Ziegler-Ztg. 1895, No. 35.)

Die Steine sind meist Schamottesteine, welche mit Porzellanscherben gemagert sind, doch findet man auch solche, die aus einer sich dichtbrennenden Quarzmasse hergestellt sind, welchen in chemischer Hinsicht wegen der geringen Angreifbarkeit durch Schwefelsäure verhältnismäßig der Vorzug zu geben ist. Keinenfalls darf jedoch das kieselsäurereiche Material sich porös oder locker brennen, wenn es der Säure ausreichenden Widerstand leisten soll. Will man eine künstliche, aber teure Masse darstellen, so ist auf das Porzellan zu verweisen, also eine Mischung aus Kaolin oder kaolinartigem Ton mit Feldspat und Quarzsand. Da die Steine einen gewissen Temperaturwechsel vertragen müssen, so darf die Masse nicht allzu spröde und nicht durchweg glasig sein. Verschiedene, sich bekämpfende Anforderungen, abgesehen von nicht selten im Betriebe, namentlich im Gloverturm vorkommenden Unregelmäßigkeiten, werden auch hier gestellt, wovon die eine nur auf Kosten der anderen zu erfüllen ist, und bleibt die Herstellung eines von der heißen Schwefelsäure möglichst unangreifbaren Säuresteins eine noch zu lösende Aufgabe.

In den chemischen Fabriken bedient man sich zur Ermittlung der Brauchbarkeit eines Säuresteins des sogenannten Imbibitions-Koch- und Abschreckungsversuches, wobei Stückchen des Steins mit konzentrierter und verdünnter Schwefelsäure wie Salpetersäure behandelt werden. Zu verweisen ist dabei hinsichtlich der Behandlungsweise auf eine aus dem Laboratorium der Tonindustrie-Ztg. stammende bemerkenswerte Methode.

Nach vorgenommener Bestimmung in einer Prozeßsache, worin der Verfasser als Sachverständiger mitwirkte, wurde bei einem in der chemischen

Industrie geschätzten Säurestein, stammend aus der bekannten Stettiner Schamottefabrik, mittelst Kochens mit Schwefelsäure eine Abnahme von 1,18 Proz. ermittelt. Angewendet wurden dabei möglichst gleich große Stückchen[1]) des Steins, welche mit 50° Schwefelsäure 24 Stunden lang gekocht wurden. Bei völlig gleicher Behandlung ergab ein anderer außerordentlich hart und dicht gebrannter Gloverstein im Mittel nur 0,142 bis 0,200 Proz. Auszug. Die Dichtigkeit dürfte demnach eine wichtige und zu verfolgende Rolle mitspielen. Auf der Düsseldorfer Ausstellung 1902 waren unter den säurefesten Fabrikaten (Steinen, Schalen und Platten) als Neuheit auch „alkalifeste" Steine zu bemerken. (Töpfer-Ztg. 1902, No. 74.)

Große Ziegel, Blöcke.

An die feuerfesten Ziegel von gewöhnlichen Dimensionen[2]) schließen sich an die immerhin schwieriger zu handhabenden, oben schon genannten zentnerschweren, sowie die dicken Blöcke von ca. 1/8 cbm. Inhalt, die man, je größer sie sind, mit einer um so grobkörnigeren Schamotte versetzt, um ein poröses und leichter trocknendes, sowie dem Temperaturwechsel besser widerstehendes Produkt zu erhalten. Dieselben sind teils würfelförmig, teils mit geneigten Seiten und zuweilen recht verschiedenartig und schwierig geformt (Formsteine), wie sie z. B. für die Wände, Gewölbe und Bänke von Glasöfen und der Glaswanne dienen. Die Formen dafür werden mit der betreffenden Tonmasse ausgestampft. Sie sind sehr allmählich zu trocknen; dann überläßt man sie dem Austrocknen viele Monate bis 1 1/2 Jahr. Um ein Verziehen dieser großen Steine zu vermeiden, legt man, sobald sie lufttrocken genug, einfach davon mehrere mit der breiten Seite aufeinander und läßt sie alsdann völlig austrocknen. In anderer Weise werden feuerfeste Tonplatten von größeren Dimensionen angefertigt, indem man dieselben in einen auf der Erde liegenden Rahmen mit den Füßen eintritt oder mit Holzpläueln einschlägt, die Oberfläche mit einem Streichlineal glättet und den Rahmen abhebt, wo dann die Platte so lange auf dem Boden liegen bleibt, bis sie zur Fortbewegung genügend ausgetrocknet ist. Ferner fertigt man feuerfeste Steine an, die stärker als die gewöhnlichen, mit Rundstab und Hohlkehle versehen sind (Fig. 47). Sie dienen als Gewölbesteine, sind, dem Krümmungsradius des Gewölbes entsprechend, keilförmig gestaltet und fallen selbst bei einer gewissen Lockerung der Fugen nicht heraus.



Fig. 47.

---

1) Je kleiner die Stückchen, um so mehr Angriffspunkte bieten sie, wie einleuchtend, der Säure, und ist daher bei vergleichenden Versuchen eine möglichst gleiche Größe der Stückchen zu beachten.

2) Als Besonderheit sei hier noch bemerkt, daß von den Schamotte- usw. Werken zu Euskirchen auf der Ausstellung in Düsseldorf 1902 zwei riesige Schamottesteine, welche 2,5 m lang, über 1 m breit und 15 cm dick waren, nebst kolossalen Schamotteplatten vorgeführt wurden. Ziegel und Zement 1902 Nr. 20.

Wir gehen über zu den feuerfesten Hohlwaren, wohin zu rechnen sind die Schmelztiegel, Röhren, Retorten, Muffeln, Kapseln, Gasretorten und Glashäfen.

Schmelztiegel.

Anforderungen und deren Erfüllung. Dieselben müssen nicht nur einen genügenden Grad von Schwerschmelzbarkeit besitzen, sondern ein ausreichendes Dichtbleiben in der Hitze bewahren, um dem Drucke und der chemischen Einwirkung des Schmelzgutes widerstehen zu können, und ist besonders dem Reißen und Springen, wie auch der Empfindlickeit gegen plötzlichen Temperaturwechsel möglichst vorzubeugen.

Sie sollen ferner Widerstand leisten sowohl gegen die Schlacke des Brennmaterials, wie besonders gegen die corrodierende Wirkung der darin zu schmelzenden Substanzen.

Im allgemeinen sind folgende Bedingungen zu erfüllen:

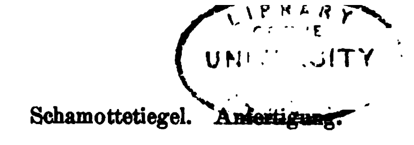
1. Der erforderliche Grad der Schwerschmelzbarkeit, der bisweilen ein sehr hoher sein muß, hat sich nach der Strengflüssigkeit der Schmelzmasse zu richten.

2. Dem Reißen und Springen und überhaupt der Empfindlichkeit gegen Temperaturwechsel wirkt man bekanntlich entgegen durch Zusätze, die jedoch, in zu großer Menge oder zu grobem Zustande angewendet, die Masse undicht und wenig fest machen. Man gibt daher den Tonen den Vorzug, die sich bei dem erforderlichen Hitzgrade nicht glasig, sondern nur steinartig dicht brennen, da erstere Temperaturwechsel schlecht vertragen. Das Dichtbleiben befördert man durch Herstellung eines nicht allzu feinen, gleichmäßigen und völlig von dem Ton umhüllten Kornes.

3. Zur Ermittlung des Grades der Durchdringlichkeit von Tiegeln schmilzt man in denselben, wozu man sich kleiner Probiertiegelchen bedienen kann, Schwefelmetalle (Schwefelkies, Bleiglanz oder Bleioxyd oder ein Gemisch von diesem und Kupferoxyd und beobachtet, ob dieselben infolge der Kapillar- wie chemischen Wirkung durch die Poren des Tiegels hindurch sickern oder wie lange der Tiegel solche Schmelzungen aushält, ohne durchfressen zu werden. Die Korrosion zwischen Teilen der feuerfesten Materialien und der Schmelzmasse ist wegen der nicht zu beseitigenden Verwandtschaft zwischen beiden nicht ganz zu vermeiden, man sucht ihr aber entgegenzuwirken, bei den Schmelztiegeln durch Verstärkung der Tiegelwände, Anwendung von Zusätzen, wie Kohle und Teer oder solchen, welche keine freie Kieselsäure (Quarz) oder saure Verbindungen, sondern mehr tonerdereiche (Schamotte) enthalten, ferner durch sorgfältige Zubereitung des Tones, Hervorbringung großer und gleichmäßiger Dichtigkeit, oberflächlicher Glätte und starkes Brennen. Je reiner ferner das Brennmaterial, um so weniger haben die Tiegel äußerlich zu leiden. Namentlich greifen Alkalien, ungemein heftig Schwefelalkalien [1]), sowie gewisse Metalloxyde, besonders Blei- und Antimonoxyd die Tonmasse an.

Einteilung. Analog wie bei den feuerfesten Steinen lassen sich die Tiegel einteilen nach den wesentlichen Versatzmitteln des Tones bei Darstellung der Tiegelmasse, oder man kann sie auch ordnen nach den Materialien, die darin geschmolzen werden, wie nach den verschiedenen Zwecken, wozu

1) Dinglers Journal 231, S. 435.



sie gebraucht werden. Erstere Einteilung, welche eine übersichtlichere Ordnung gewährt, wollen wir festhalten:

1. Schamottetiegel.
2. Quarzhaltige Tiegel.
3. Kohlehaltige Tiegel.
4. Sonstige feuerfeste Tiegel.

1. Schamottetiegel.

Dieselben widerstehen bereits aus chemischem Grunde der korrodierenden Wirkung basischer Substanzen mehr als die quarzhaltigen Tiegel. Der bekannte belgische Ton wird, wie oben näher beschrieben, getrocknet, gereinigt, gemahlen, gesiebt, wobei für Tiegelmasse Zylindersiebe angewendet werden, um ein staubartiges Tonmehl zu erhalten. Zur Herstellung der Schamotte wird der rohe oder auch vorher sorgfältig vorbereitete und plattenförmig gewalzte Ton gebrannt, alsdann gemahlen, und werden ähnliche und ein gutes Binden bedingende Verhältnisse zwischen frischem Ton und Schamotte, im allgemeinen von 1 zu 2 Maßteilen eingehalten. Die nachstehenden Beispiele der Fabrikation der Tiegel sind meist belgischen Werken entnommen, deren Fabrikate sich einer großen Berühmtheit erfreuen.

Entweder geschieht das Anfertigen mittelst der Hand auf der Töpferscheibe, welcher für dünnwandige Hohlgefäße der Vorzug gegeben wird, oder man benutzt Formen von Metall, Messing, Ton und Holz, und zwar wird die Masse eingefüllt mittelst der Hand oder Maschinen, sowie durch Umlegen von Tonwülsten und Matrizen oder durch Stampfen oder auch durch Gießen derselben. Beim Formen ist ein Einschließen von Luftblasen zu verhüten und ein sorgsames Glätten der Wandungen zu beachten.

Bei der Benutzung von Formen, wie dies in Belgien in Gebrauch ist, entnimmt der Töpfer von der präparierten Masse einen Ballen, den er zunächst zu einem Zylinder formt, der 30 cm hoch und 18 cm breit ist. Er bestäubt den Ballen unten und an den Seiten mit Schamottemehl, bringt denselben auf ein Bodenbrett und umgibt ihn mit zwei zylindrischen Gußstücken von 22 cm Durchmesser, welche von einem eisernen Reifen zusammengehalten werden, der 2 cm dick und 6 cm breit ist. Dieser Reifen besteht aus zwei Stücken mit einem Scharnier und einem Vorstecknagel, welcher mit einem Hammer eingetrieben wird. Die beiden Gußstücke bilden das Innere einer Formhülle, welche, aus 6 Segmenten zusammengesetzt, die erste Form einschachtelt. Die ganze Tiegelform zeigt die Form eines vertikalen Zylinders von 1,11 m Höhe bei 22 cm Durchmesser.

Zu St. Léonhard gebraucht man statt gegossener Formen nur Holzformen (weil eiserne häufig nicht genau genug passen), die sich an Scharnieren öffnen. Sie sind von zwei Zylindern gebildet, die 56 cm übereinander gestülpt und auf ihrer ganzen Länge mit Eisenstangen garniert sind, welche gegenseitig ineinander greifen. Diese Anordnung gewährt den Vorteil, daß ein Zylinder sich nicht gegen den anderen drehen kann, wie das bei den gegossenen häufiger der Fall ist. Übrigens kann man in der Praxis dies auch dadurch vermeiden, daß an den inneren Segmenten kleine Zapfenlöcher sich finden, in welche Stifte der Außenwandung eingreifen. In allen Fällen steht die Form zur Seite des Arbeiters und ist mit gebranntem Tonmehl ausgepudert. Nachdem das präparierte Tonstück aus zwei Stücken von der Form umhüllt ist, ergreift der Arbeiter ein Stampfholz, taucht es in Wasser und rammt da-

mit so lange auf den Ton, bis dieser an den Formwänden emporgetrieben ist und das Stampfholz den nackten Formboden trifft. Darauf zieht er das Holz zurück, nimmt einen neuen Tonballen, wirft ihn mit Gewalt in die Form und formt durch abermaliges Stampfen den Boden. Um den aus dem Groben gearbeiteten Zylinder nachzugleichen, gebraucht der Arbeiter eine Schablone von Holz, 2 cm dick, 16 cm breit und 50 cm lang. An der Schneide ist sie mit einem Blatt von 2 mm Stärke garniert und hat einen Stiel von 60 cm Länge.

Zu Vieille Montagne braucht man für den oberen Tiegelteil von 40 cm Länge nur eine Schablone. Man taucht sie in Wasser und führt sie mitten in die Tiegelöffnung, in der sie zwei-, auch dreimal umgedreht wird. Dabei muß sie ganz vertikal gehalten und nicht zu tief herunter gelassen werden, damit der Tiegelboden eine Stärke von 3—4 cm behält. Den Ton, welcher sich auf diese Weise abschabt, entfernt der Arbeiter mit der Hand und wirft ihn auf den Tisch. Mit den Fingerspitzen formt er einen Rand an den Tiegel, der über die Form hinaussteht. Auch poliert er das Innere dieses Tiegelteils mit einem zurückgebogenen Zinkblech, indem er es von unten nach oben heraufzieht.

Um den zweiten Tiegel dann zu formen, rollt der Arbeiter auf dem Tisch ein Tonstück zu einer Wulst von 1—1 1/2 m Länge aus. Er führt diese Tonrolle zur Oberkante des bereits fertigen Teils und drückt sie schraubenförmig an der Formwand herum. Mit dem Daumen fügt er dabei die sukzessiv entstehenden Nähte durch Druck zusammen, indem sich dann eine Reihe Spuren des Daumens von schwacher Tiefe bemerklich machen. Gegen diese Fläche wird ein einigermaßen zylindrischer Formstock mit rundlicher Oberfläche geführt, der 40 cm lang ist. Der Arbeiter beginnt mit der Hand von unten nach oben zu glätten. So setzt er dem zweiten den dritten Tiegelteil an, vereint sie mit einem Rundeisen und drückt nun den Ton mit der Hand gegen die Form. Er vervollkommnet solche Arbeit dadurch, daß er fortwährend auf den Rand des Tiegels stößt, indem dessen Inneres immer weiter aufwächst. Hierbei wird ein Holzstöpsel von 8 cm Durchmesser benutzt, der 25 cm lang ist und einen Stiel von 20 cm Länge besitzt. Nach dieser Operation bedient er sich wieder der Schablone, entfernt wie früher den abgestreiften Ton mit den Fingern und glättet mit der Zinkklinge nach. So wird denn auch der dritte Teil des Tiegels fertig gemacht, nur läßt man den oberen Rand nicht allein überstehen, sondern mit Hilfe einer Tonrolle, die den halben Zylinder umschließt, formt man eine Tülle, welche über die Randperipherie hinausspringt. Sie hat ungefähr eiue Höhe von 6 cm und verstärkt an diesen Stellen die Tiegelwand. Man glättet mit den Händen und einem zweischneidigen Messer den oberen Rand des Tiegels und damit ist er vollendet.

In der Hütte von Corfali haben die Tiegel keine Tüllen. Um die Tiegel nach der Werkstätte zu transportieren, wo sie trocknen sollen, läßt man dieselben in der Form und rollt sie, indem man sie um einiges neigt, auf dem unteren Rande. Wenn sie an Ort und Stelle sind, entfernt man die eisernen Bänder, welche die verschiedenen Segmente zusammenhalten, und bringt die Formstücke an jene Stelle, wo wieder ein Werkstück darin angefertigt wird.

Jeder Arbeiter hat drei Formen, so daß, wenn er zwei Tiegel fertig hat, er sich genötigt sieht, von dem dritten die Form abzunehmen. Er unterstützt alsdann den freistehenden Tiegel mit drei angelegten Brettern, die mit Holz-

ringen zusammengehalten und dann abgestreift werden. So steht der Tiegel zum Trocknen während 8—10 Tagen. Oft zieht er sich nach der Seite, von wo die Hitze kommt; man sucht das dann durch Drehen auszugleichen. Wenn der Tiegel genügend trocken, um sich selbst zu tragen, poliert ihn der Arbeiter mit der angefeuchteten Hand oder mit einem kleinen Schaber. Jeder Arbeiter setzt seine Ziffer an den Hals des Tiegels. Zu Angleur ist sogar das Datum vermerkt, wann der Tiegel fabriziert ist. Aus diesen Werkstatträumen, wo die Tiegel geformt und getrocknet werden, gelangen sie noch in besondere Trockenkammern, welche an der Decke Öffnungen haben, aus denen der Dunst abzieht. Gewöhnlich 60 cm über dem Boden ist ein Holzgitter errichtet, auf dem die Tiegel einer neben dem anderen stehen, und unter dem Gitter laufen Heizkanäle.

Zu Moresnet sind zu dem Zwecke einfach zwei Öfen vorhanden, die mit Steinkohlen geheizt werden. Röhren von 3 cm Durchmesser ziehen sich ihrer ganzen Länge nach durch die Schwitzstube. Zu Angleur wird die Heizung mittelst abziehenden Dampfes der Maschine bewirkt. Auf diesen Hütten sind zwei Trockenkammern, die eine mit einer Temperatur von 30° R, die andere von 40° R, in denen man die Tiegel so lange als möglich läßt, 14 Tage bis 2 Monate. Zu Angleur sind solche Trockenkammern unter den Arbeitsräumen angelegt und man transportiert die Tiegel durch eine Falltür und auf schiefer Ebene dorthin. Zu Corfali steigt die Trockentemperatur nicht über 20°. Zu Prayon ist die Trockentemperatur noch geringer, denn das Trocknen wird in der Werkstatt selbst vorgenommen. Zu Andenne ist die Temperatur wenig höher als die gewöhnliche, das Trocknen dauert indes 2 Monate. Auf der Hütte zu Prayon wird das Brennen der Tiegel in der kürzesten Zeit vorgenommen. Schon nach 12 Tagen hält man sie für gut, um sie in den Ofen setzen zu können.

Größe der Tiegel. Ihre Dimensionen sind fast überall verschieden [1]). In den Hütten zu Vieille Montagne, mit Ausnahme der von St. Léonhard, haben die Tiegel nach dem Brennen 15 cm inneren Durchmesser. Die Wand ist 3 cm dick. Was nun die Höhe anbetrifft, so variiert diese je nach dem Schwinden von 1,05—1,10 m. Wenn sie aus der Form kommen, haben sie ohne die Tülle eine Länge von 1,11 m. Zu Prayon sind sie ein wenig konisch, haben an der Tülle einen Durchmesser von 196 mm und am Boden von 161 cm bei 3 cm Dicke. Zu Angleur, Moresnet und Corfali haben die in drei Teilen gearbeiten Tiegel 4 cm Wandstärke. Zu Prayon ist dadurch der innere Durchmesser 147 mm. Zu St. Léonhard sind die unteren Teile des Tiegels stärker wie die oberen. Ein gewöhnlicher Tiegel wiegt hier 36 kg nach dem Brennen.

Fehler der Tiegel. Diese können verschiedener Art sein. Die einen liegen an der Fabrikation. Solche sind Risse durch nicht beseitigte Luftblasen. Auch ist zuweilen der Boden, welcher gegen die Seitenwände hin abgerundet und um 1 cm dicker sein soll, in nicht genügendem Zusammenhang mit dem Zylinder, wie das aus der Beschreibung der Fabrikationsweise wohl einleuchten mag. Zu Corfali ist dieser Fehler häufiger, weil die Bereitung des untersten Teiles ebenso vorgenommen ist, wie die der beiden oberen. Auf dieser Hütte trägt der Arbeiter, unmittelbar nachdem das Bodenstück geformt und einge-

1) Über gewisse typische Formen, welche sich bei den Tiegeln herausgebildet haben finden sich Notizen Tonind.-Ztg. 1900 Nr. 134.

setzt ist, Tonwulste an die aufstrebenden Überstände vom Boden bis zum ersten Absatz. Wenn ein Tiegel aber im allgemeinen gut sein soll, muß der Arbeiter den Tiegelwänden eine gleiche Pressung zukommen lassen, weil sonst die Wände nicht gleich kompakt werden und die Schwindung auf diese Weise zu Rissen führt.

Wenn ein Sprung oder irgend ein Fehler am Tiegel während des Trockens sich zeigt, so bekommt der Arbeiter den Tiegel nicht bezahlt. Daher trachtet dieser, die Fehler soweit als möglich zu verdecken, und das Glätten der Oberfläche bewirkt leicht eine Täuschung. Solche Fehler lassen sich nicht nach dem Brennen auffinden und erst dann bemerken, wenn die Tiegel zum Schmelzen in Gebrauch genommen werden. Die Fabrikanten können demnach mit dem Sortieren solcher Ware nicht sorgfältig genug zu Werke gehen.

Arbeitspreise. Die Former erhalten zu Moresnet bis zu 2 Mark täglich. Sie machen dafür etwa 15 Tiegel, welche sie für diesen Preis zu den Trockenkammern und zum Brennofen fördern. Zu Angleur fertigten einige Arbeiter täglich 20 Tiegel und dementsprechend ist die Löhnung höher. In den beiden Hütten ist der Preis auf 10 Cent. pro Stück normiert. Zu St. Léonhard machen die Arbeiter mit den Holzformen täglich 30 Tiegel. Sie sollen auch besser sein, und das scheint auf die dort beobachtete geeignetere Bearbeitungsweise zu deuten. In Prayon wird der Tiegel mit 15 Cent. bezahlt. In Vieille Montagne schätzt man den Tiegel vor dem Brennen auf 2 Frcs. Zu Angleur schätzt man ihn nur auf 1 Frcs. 75 Cent. In Corfali ist der Preis wieder höher. Die Hütte von Andenne verkauft 100 kg Tiegel für 10 Frcs., d. h. einen Tiegel mit 3 Frcs. 60 Cent. Nach Deville sind von den belgischen Tiegeln die besten die von Coste zu Tilleur bei Lüttich.

Englische Schamotte-Tiegel. Dieselben werden rein aus Stourbridge-Ton gewissermaßen aufgedreht. Der zubereitete und ausgelesene frische Stourbridge-Ton wird mit etwas gebranntem versetzt, alsdann angemacht und in solchen Klumpen abgewogen, wie sie für Tiegel von jedem bestimmten Inhalt erforderlich sind. Diese Klumpen werden hierauf auf konischen Holzblöcken geformt, welche dem Innern des Tiegels entsprechend gearbeitet sind und auf einem Stocke drehbar in einem Loche einer Bank stecken. Der Former sitzt rittlings auf dieser Bank und arbeitet den Tonklumpen mit den Händen von dem (nach oben gerichteten) Boden der Form an den Seitenwänden entlang herunter, indem er ihn durch die Bewegung der Hände selbst in regelmäßige Drehung versetzt; sein einziges Hilfsmittel zum Fertigmachen der Ware ist ein Brettchen, mit welchem er die Außenwände des Tiegels glatt schlägt und von den Fingereindrücken befreit; dann wird nur noch mit einem Stäbchen die Ausgußnase eingedrückt und der Tiegel dem Trocknen an der Luft überlassen. Selbstverständlich müssen diese Schmelztiegel beim ersten Gebrauche vorsichtig angewärmt werden.

Stourbridge-Tiegel von King in Birmingham, in 25 verschiedenen Größen, fassen 10—140 Pfund Metall.

Nach Hauston in Texas[1]) werden unter Anwendung des Stourbridge-Tons die besten Schmelztiegel, hauptsächlich zum Schmelzen von Gold und Silber und auch für analytische Zwecke, bereitet aus: 2 Teilen des besten Tiegeltons und 3 Teilen Schamotte, deren Körner 3 mm groß sind. Das Ge-

1) Töpfer-Ztg. 1875 Nr. 18,



menge muß mit dem nötigen reinen kalten Wasser versetzt und mit den bloßen Füßen bis zur Festigkeit eines steifen Teiges gestampft werden; dann läßt man es 3—4 Tage stehen, nachdem es mit feuchten Tüchern gut zugedeckt worden war, damit ein Ausschwitzen stattfinde und die Tonteile erweicht werden. So kann man die Masse anwenden und vermittelst der Hand auf einer Maschine formen. Wenn die Tiegel trocken sind, bringt man dieselben in den Ofen und brennt sie hart.

Ferner sind hier anzuführen die französischen Tiegel, welche unter anderem aus 1 Gewichtsteil belgischem Ton und 2 Gewichtsteilen grobzerstoßener Schamotte von demselben Tone angefertigt werden. Der Bruch zeigt jedoch eine feinkörnige Masse. Um ihre Oberfläche recht eben zu machen, erhalten sie vor dem Gebrauch sowohl innerlich als äußerlich einen dünnen Überzug von reinem Ton. In höheren Hitzegraden zeigt der Bruch eine krugartige Erweichung. Ein solcher Tiegel von Beaufay, Temperaturwechsel und das Schmelzen von Glätte gut aushaltend, wie ein solcher von St. Etienne, beide analysiert von Berthier, besteht aus:

	Tiegel von Beaufay	von St. Etienne
Kieselsäure . . .	64,6	65
Tonerde	34,4	25
Eisenoxyd. . . .	1,0	7.

Eigentümliche Schamotteschmelztiegel von A. Perrin hatten je zwei Ausgüsse, welche von der Mitte des Tiegelraumes durch je eine senkrechte Scheidewand gesperrt waren, so daß das geschmolzene Metall meist nur unten vom Boden aus zu den Ausgüssen gelangen kann. Ferner dienen in Lüttich zum Schmelzen des Zinks Tiegel nach Poncelets Verfahren, welches, wie weiter unten folgt, darin besteht, daß man in eine entsprechende Form die Tiegelmasse dicht einstampft und den so geformten Tonklumpen, wenn derselbe so weit angetrocknet, mittelst einer hydraulischen Presse zusammendrückt und mit eigenen Bohrern ausbohrt.

Auch gehören hierhin die Probiergefäße (Probiertuten, Blei-, Kupfer- und Eisentuten), bauchige oder zylindrische Gefäße von verschiedenem Grade der Feuerfestigkeit, Schmelztiegel mit, wie auch ohne Fuß, bei denen statt des letzteren eine Unterlage (Käse) genommen wird, wie sie z. B. für die Freiberger Hütte angefertigt werden, aus einem in der Nähe von Oberschöna vorkommenden weißen, sehr quarzfreien Ton, welcher nach der Gewinnung in großen Stücken eingesumpft gut durchgearbeitet und zu Platten verwalzt wird. Diese werden zu Schamotte gebrannt, gemahlen und dem rohen Ton in solcher Menge durch Treten oder eine Knetmaschine einverleibt, daß derselbe nicht mehr oder nur unbedeutend schwindet.

Herstellung der Probiergefäße. Die Probiergefäße[1]) werden entweder auf der Töpferscheibe gedreht (Blei- und Kupfertuten, größere Schmelztiegel) oder mittelst Mönchs und Nonne hergestellt (Röst-, Ansiede-, Gar-, Bleischerben) oder aus freier Hand geformt, indem man sie aus einem Tonballen aufdreht oder wurstförmige Streifen spiralförmig aufeinander knetet (größere Passauer Tiegel), auch wohl die Tonmasse um Matrizen von Holz schlägt (Muffeln, Röhren). Man läßt die geformten Gefäße langsam im Schatten oder bei gelinder Stubenofenwärme, hierauf bei größerer Wärme so lange trocknen,

1) Kerl, Probierkunst, S. 80.

bis sie beim Kratzen am Boden hart erscheinen, dann werden sie in Töpferöfen mehr oder weniger stark gebrannt. Größere Schmelztiegel kommen auch wohl in ungebranntem Zustande zur Anwendung.

Die Aufbewahrung der Probiergefäße muß an einem trockenen Orte geschehen, weil sie sonst beim raschen Erhitzen zerspringen.

Deckel und Untersätze. Deckel zu den Tiegeln werden aus derselben Masse wie die Tiegel angefertigt. Sie können dadurch erhalten werden, daß man Scheiben aus platt ausgerollten Tonplatten ausschneidet oder auch Stücke von ausschüssigen Tiegeln dazu benutzt. Zu kleineren Tiegeln fertigt man genau passende Deckel mittelst einer Form an, welche die in Fig. 48 im senkrechten Durchschnitt, in 1/3 der natürlichen Größe dargestellte Einrichtung hat. a ist ein runder hölzerner Untersatz, auf welchen ein messingener Zylinder b b gestellt ist, der mit mehreren Löchern c c versehen ist; d ist ein zylindrischer Stempel von Holz und am Boden auf die in der Figur angegebene Weise

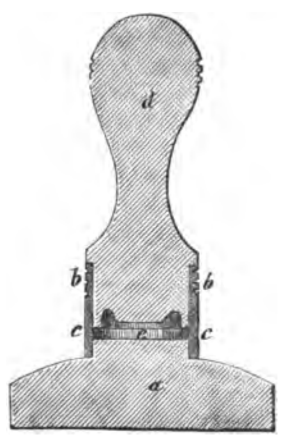
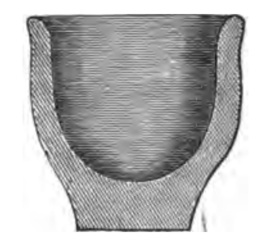


Fig. 48.


Fig. 49.

geformt. Dieser Stempel d paßt in den Zylinder b b, in dessen verstärkten Rand er eingeschoben wird, so daß der Raum e bleibt. Ein kleines Stückchen Tonmasse wird in den Zylinder gebracht und der Stempel drehend eingeführt, wodurch in dem Raum e ein Deckel geformt wird; der überflüssige Ton entweicht durch die Löcher c c. Es wird nun der Stempel herausgenommen und dann der Zylinder von der Unterlage abgezogen, worauf der Deckel auf dieser, die flache Seite unten, liegen bleibt, abgenommen und getrocknet wird.

Tiegeluntersätze, kreisrunde, dem Boden des Tiegels entsprechende Steinstücke werden aus einer Masse hergestellt, wie sie für feuerfeste Steine dient.

2. Quarzhaltige Tiegel.

Sie werden namentlich von Metalloxyden und Alkalien stark angegriffen. Hierher gehören die hessischen und verschiedene englische Tiegel.

Hessische Tiegel. Weltbekannt sind die hessischen Tiegel [1]), welche

---

1) Wenn auch in neuerer Zeit der hessische Tiegel durch manche andere bessere verdrängt ist, so ist der Bedarf immerhin ein sehr großer, und gehen

am Fuße meist rund, oben behufs bequemeren Ausgießens dreieckig, aber auch wohl oben rund, in verschiedenen Größen zu haben sind und aus gleichen Teilen Großalmeroder Ton und ziemlich grobem Sand zusammengesetzt sind. Sie vertragen Temperaturwechsel ausgezeichnet. Nach den Versuchen Percys zerfrißt schmelzendes Bleioxyd dieselben sehr leicht und vermögen sie, wie gesagt, ihren so verbreiteten und hohen Ruf alter Zeit jetzt nicht mehr zu behaupten. Guten Graphittiegeln stehen sie wegen leichterer Schmelzbarkeit entschieden nach.

Tiegel nach Hauston. Nach Hauston (s. oben) werden aus 2 Teilen des besten deutschen Tiegeltons (also etwa des Klingenberger) und 5 Teilen feinen Quarzsandes Tiegel gemacht. Der Quarz, namentlich wenn er in gröberer, d. h. chemisch mehr wirkungsloser Form zugesetzt wird, kann gewissermaßen als starres Skelett dem Tiegel im Feuer den nötigen Halt geben. Diese Mischung muß durch ein 3 mm weites Sieb gesiebt, dann angefeuchtet und mit den Füßen geknetet werden. Die hinlänglich trockenen Tiegel werden im Ofen hart gebrannt.

Cornische und von Doulton angefertigte Tiegel. Die cornischen Kupferprobentiegel sind von runder Form in zwei ineinander passenden Größen, so daß einer in den anderen gesteckt werden kann. Die größeren haben in der Mündung 9 cm im Durchmesser und äußerlich 11 cm Höhe (Fig. 49 in 1/3 der natürlichen Größe). Angefertigt werden sie von Juleff in Redruth und Mitchel in Truro aus 1 Gewichtsteil Ton von Teignmouth, 1 desgleichen von Pool und 2 Gewichtsteilen Sand von St. Agnes Beacon in Cornwall. Zu den kleineren, weniger feuerbeständigen Tiegeln kommt noch 1/8 Chinaclay von St. Austell.

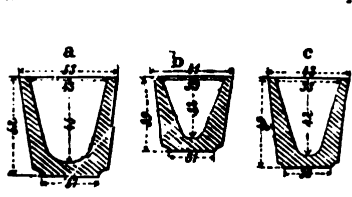


Fig. 50.

Fig. 51.

Sie erweichen in heftigem Feuer und werden von schmelzen dem Bleioxyd stark angegriffen, vertragen aber in den bezeichneten geringen Größen raschen Temperaturwechsel und gehören überhaupt zu den zweckmäßigsten Tiegeln zu metallurgischen Versuchen.

Nach Berthier bestehen die hessischen und nach Dick die cornischen Tiegel von Juleff und die aus der Lambeth potterie von Doulton & Comp. aus:

---

jährlich noch bedeutende Quantitäten in das Ausland, namentlich nach Norwegen, Rußland, Türkei, Schweiz, Amerika und Australien. (Sprechsaal 1879, Nr. 33, Beil. und Dinglers Jornal 164, S. 116.)

	hessische Tiegel	cornische Tiegel	Doultonsche Tiegel
Kieselsäure . .	70,9 Proz.	72,39 Proz.	79,00 Proz.
Tonerde . . .	24,8 „	25,22 „	22,04 „
Eisenoxyd . .	3,8 „	1,07 „	2,00 „
Kalkerde . .	— „	0,38 „	0,60 „
Magnesia . .	— „	— „	0,17 „
Kali	— „	1,14 „	1,06 „
			104,87 Proz.

Die Oberharzer Bleierzschmelztiegel oder Bleischerben[1]) (Fig. 50), aus nicht sehr feuerbeständigem Goslarschen Ton und Sandzusatz, werden hergestellt mittelst Form und Stempel oder sogenannten Mönch und Nonne (Fig. 51, 52). Fig. 50 a messingene oder bronzene Nonne, auf einem losen Boden b aus gleichem Material mit einer Öffnung in der Mitte. c hölzerner Mönch mit Leitstift d. Die Nonne a wird dadurch festgestellt, daß deren

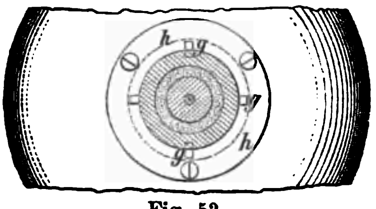


Fig. 52.


Fig. 53.

4 Zapfen f durch die entsprechenden Öffnungen g eines auf einem Holzblocke aufgeschraubten Messingringes h niedergesenkt und dann nach Art eines Bajonnetverschlusses seitlich untergeschoben werden. Die geölte Nonne wird mit einem Tonklumpen gefüllt, der geölte Mönch unter langsamem Drehen darin niedergetrieben, dann der Mönch vorsichtig herausgezogen, das durch den Leitstift erzeugte Loch im Boden mit etwas Ton gefüllt und nochmals ein Mönch ohne Leitstift (Fig. 53) eingedrückt, wobei der überflüssige Ton durch einen Ausschnitt in dessen Kranz hervorquillt. Hierauf werden die Tiegel vorsichtig getrocknet und gebrannt.

3. Kohlehaltige Tiegel.

a. Reine Kohlentiegel. Zuerst mögen hier die Tiegel oder Schmelzgefäße angeführt werden, welche man aus Koks oder Kohle allein herstellt, indem man Gasretortenkoks auf der Drehbank ausdreht, oder nach Gore aus dichtem Holze Tiegel dreht und diese in einer geschlossenen Muffel verkohlt oder Kokspulver mit Pech anmengt, daraus Gefäße formt und diese bei Luftabschluß glüht. Zur Herstellung der mit Kohle versetzten Tiegelmasse dient entweder gewöhnliche Holz- oder Steinkohle, Koks oder der ungleich wichtigere Graphit. Ein Zusatz von Kohle, Koks und am weitaus besten Graphit zur Tiegelmasse ist für Metallschmelztiegel, namentlich Gußstahltiegel, nicht allein zweckmäßig, sondern bei gesteigerten Anforderungen unerläßlich.

Wirksamkeit der Kohle in einer Tiegelmasse. Auch der allerstrengflüssigste Ton allein vermag den geschmolzenen Metallen und

1) Entnommen Kerl, Metallurgische Probierkunst, S. 83.

besonders flüssigem Stahl nur kurze Zeit Widerstand zu leisten. Ist dem feuerfesten Ton dagegen Kohle beigemengt, so widersteht die Masse, so lange die Kohle in einiger Menge vorhanden, vorausgesetzt, daß die Tiegelwand den mechanischen Druck auszuhalten vermag und nicht irgendwie schadhaft ist. Die Kohle spielt dabei, wie zum Teil oben schon erwähnt worden ist, eine mehrfach begünstigende Rolle. Sie verhindert selbst den leisesten Anfang von Oxydation des Metalls, das wohl als Oxyd, aber nicht als solches eine Verbindung mit den Tonbestandteilen einzugehen imstande ist. Dann erhöht aber auch die Kohle direkt, sofern sie nicht wegbrennt, die Schwerschmelzbarkeit der Tonmasse, da sie an sich bekanntlich zu den sehr unschmelzbaren Körpern gehört. Feuerfeste Tiegel gewinnen, wie nach obigem einleuchtet, an Feuerfestigkeit durch das sogenannte Karbonisieren, d. h. man taucht dieselben nach dem Brennen in Kohlenteer usw. und erhitzt sie mäßig in einem Ofen, so daß alsdann die Kohle sich in den Poren der Tonmasse ausscheidet (D. R.-P. No. 5121). In je unverbrennlicherem Zustande die zugesetzte Kohle sich befindet, wie dies beim Graphit der Fall ist, um so länger wird in überraschender Weise die Tonmasse geschützt. Das Bindevermögen hingegen nimmt ab mit dem zunehmenden Kohlegehalt [1]). Weiterhin bewirkt die Kohle und besonders wieder der Graphit wegen seiner größeren Wärmeleitung, daß Tiegel, deren Masse damit versetzt ist, eine rasche Erhitzung gut vertragen und das Metall darin schneller schmilzt. Auch wird dadurch die Widerstandsfähigkeit gegen raschen Temperaturwechsel erhöht und wird durch den Graphit die Glätte der Wandungen vermehrt, welche Beschaffenheit das Ausgießen der geschmolzenen Metalle sehr erleichtert.

Je mehr ein Graphit alle die genannten Eigenschaften oder Vorzüge in sich vereinigt, um so geeigneter ist er und kommt daher bei hohen, gesteigerten Ansprüchen außerordentlich viel auf die richtige Auswahl des Graphits hinsichtlich dessen Qualität und mehr als auf die des Tones an. In erster Linie ist hier der Graphit von der Insel Ceylon zu nennen.

Eine relative Erhöhung der Schwerschmelzbarkeit der Tonmasse findet, wie gesagt, stets durch Kohlezusatz an sich statt, begreiflicherweise wächst sie aber auch mit der Schwerschmelzbarkeit des Tones selbst und — weil fetterer Ton einen stärkeren Zusatz verträgt — mit der Fettigkeit des Tones. Stellen sich mit letzterer Eigenschaft ungünstige physikalische Erscheinungen ein, neigt z. B. der Ton zur Rissigkeit, so ist um so strenger durch eine erschöpfende Anwendung aller bekannten desfallsigen Mittel auf die Homogenität der Tiegelmasse hinzuwirken. Die Entfernung etwa sich vorfindenden Schwefelkieses ist stets sorgfältigst zu beachten.

b. Graphittiegel. Speziell werden die Graphittiegel zum Schmelzen von Gußstahl [2]), Edelmetallen, Messing, sonstigen Metallen und Legierungen, nicht aber zum Schmelzen von Glasflüssen angewendet.

Vorbereitung der Gemengteile, Zubereitung der Graphittiegelmasse, Mischungsverhältnis und Anfertigung der Tiegel. Der zu verwendende Ton, wozu Klingenberger und wohl auch Grünstädter, beide von erster Qualität, zu empfehlen sind, wird zuerst fein pulverisiert und nachdem auftauchende Unreinigkeiten vorher sorgfältig ausgeschieden und

---

1) cf. der Verf. Dinglers Journal 167, S. 37.

2) Die höchste Anforderung an die Graphittiegel wird wohl in der Gußstahlfabrikation gestellt.

derselbe zu dem Zwecke scharf getrocknet (bis zu 120° C), mit Hilfe einer Stampf- oder meist Kollermühle in ein gleichmäßig feines Mehl verwandelt. Ebenso wird der Graphit gemahlen und gesiebt, der aber, wenn er von ungleichmäßigem Ansehen ist oder sichtliche Unreinigkeiten, Beimengungen, etwa mit Ausnahme von Quarz, enthält, zu verwerfen ist. Handelt es sich darum, unter verschiedenen Graphitsorten, welche zur Herstellung von Graphittiegeln dienen sollen, die verhältnismäßig beste auszuwählen, so läßt sich dies außer der analytischen und pyrometrischen Prüfung des Graphits für sich nach Versuchen des Verfassers mittelst Anfertigung kleiner Tiegel aus der je bereiteten Masse und vergleichsweises Glühen der Tiegelchen 6 Stunden lang in gesteigerter heller Rotglühehitze in genügender Weise feststellen.

Wird Ceylon-Graphit angewendet, welcher, wie bekannt, wegen seiner blättrigen Struktur, großen Dichte und Reinheit gegenüber sonstigen derben und amorphen Varietäten vorzugsweise geeignet ist, so ist die feine Zerteilung aller derben Graphitknötchen um so sorgsamer auszuführen, als damit die Wirksamkeit ganz außerordentlich zunimmt. Er zerfällt alsdann in unendlich viele Blättchen, wovon jedes gewissermaßen eine zu durchdringende Schicht für sich bildet und zu einer parallelflächigen Struktur beiträgt. Die Darstellung eines Pulvers von gleichmäßiger Feinheit ist für den Ton in feinster und für den Graphit in etwas gröberer Form als Regel zu beachten. Schamotte setzt man der Graphittiegelmasse zu, wenn dieselbe Neigung zum Springen oder Bersten zeigt[1]). Der Quarz oder Sand in geeigneter Beschaffenheit und beschränkter Menge, wie nachstehend folgt, wird hinzugegeben, um dem Schwinden entgegenzuwirken.

Tonmehl und Graphitschüppchen werden hierauf im trockenen Zustande miteinander innig gemengt. Das Verhältnis der Mischung ist ein verschiedenes, je nach den an die Tiegel gestellten Anforderungen, und sowohl abhängig von der geeignetsten Beschaffenheit des Tones wie des Graphits.

Zubereitung. Die Mischung aus Ton und Graphit wird mäßig angefeuchtet und bekanntlich zur gleichmäßigen Durchfeuchtung einige Zeit liegen gelassen. Alsdann bringt man die krümelige Masse in einen Tonschneider, in welchem sie in gleichmäßigster Weise durchgearbeitet wird, formt daraus Ballen und läßt diese mehrere Wochen lang in einem Keller zur Durchfaulung lagern. Sind die Ballen äußerlich abgetrocknet, so durchschneidet man sie in der Mitte mittelst eines Drahtes mit zwei Knebeln und schlägt die beiden Hälften nach dem Umkehren mit Gewalt aufeinander. Diese Operation wird so oft wiederholt, bis die Masse durchaus gleichmäßig knetbar ist und durch und durch homogen erscheint.

Mischungsverhältnis. Man nimmt für Graphittiegel im allgemeinen auf 1 Gewichtsteil Ton, eingeschlossen Schamotte nebst etwaigen Quarzkörnern, 1 Gewichtsteil Graphit oder genauer auf 75 Teile Ton nebst 25 Quarz oder weniger Schamotte, 100 Graphit. In der Regel beträgt die Graphitmenge weniger als 100 und schwankt zwischen 80 bis 100; doch finden sich auch in der Literatur Angaben eines viel geringeren Zusatzes. So wendet man nach Ledebur für Tiegel zur Darstellung von Werkzeugstahl auf den steirischen

1) In bewährten englischen Graphittiegeln, wie in solchen aus deutschen Fabriken findet man feinkörnigen Quarz beigemengt. Auch soll Feldspat zur Masse zugesetzt werden, der eine gewisse äußere Verschlackung beim Gebrauche zu befördern vermag, jedenfalls aber auf Kosten der Schwerschmelzbarkeit der Masse.



und niederösterreichischen Werken nur ca. 33 bis 60 Proz. Graphit an. (Tonindustrie-Ztg. 1895, No. 3.) Nach „Stahl und Eisen" werden in Steiermark für weichere Stahlsorten Tiegel mit nur 25 Proz. Graphitzusatz und für härtere Stahlsorten solche mit einem Gehalt bis zu 45 Proz. Graphit angefertigt. (Notizbl. 1895, S. 115.)

Der Quarzzusatz muß bestehen aus klaren und am besten eisenfreien Quarzkörnern von der Größe des Mohnsamens. Will man eine pyrometrisch höher stehende Masse erzielen, so ist der Quarz durch besonders zubereitete, nicht mehr schwindende Schamotte, wozu ein höchst stehender feuerfester Ton zu nehmen, zu ersetzen. Diese letztere, immerhin teurere Mischung ist anzuwenden, wenn es sich um ausnahmsweise hoch gesteigerte Anforderungen hinsichtlich der Schwerschmelzbarkeit handelt. Die ausschlaggebende Graphitsorte muß, wie wiederholt gesagt, ausgelesener Ceyloner und bei besonders hohen Ansprüchen selbst dieser sorgsamst gereinigt sein. In welcher Weise verschiedene Graphittiegelmassen untereinander mit überzeugender Gewißheit sich prüfen lassen, findet sich oben im Untersuchungskapitel angegeben.

Anfertigung der Graphittiegel. Das bereits über die Anfertigung der Tiegel im allgemeinen Gesagte übergehend, ist der in keinem Falle, und namentlich nicht durch nachherigen Wasserzusatz zu feuchten Masse die bestimmte Form zu geben. Bei Anwendung fester Formen ist die Masse heftigst in dieselben einzuschlagen, so daß alle Luftblasen herausgetrieben werden und bei möglichst gleicher Wandstärke keine leeren Räume im Innern bleiben. Überhaupt ist dabei Sorge zu tragen, daß sich die Masse, so viel als irgend zu erreichen, überall in derselben Weise möglichst verdichtet. Bei einer ungleichen Wandstärke leiden die dünnen Stellen im Feuer ganz unverhältnismäßig, bei geringerem Widerstand findet daselbst zugleich eine größere Überhitzung statt.

Rascher und fabrikmäßiger geschieht das Drehen der Tiegel auf der Drehscheibe, wie es in manchen sonst renommierten Fabriken eingeführt ist, doch hat dies Verfahren gegen sich, daß dann die Tiegelmasse wesentlich feuchter sein muß und hierdurch an Dichtigkeit einbüßt. Die Gleichmäßigkeit der Boden- und Wandstärke der Tiegel bleibt dabei von der Geschicklichkeit und Übung des Arbeiters viel mehr abhängig. Andererseits hat die Herstellung der Tiegel auf der Drehscheibe vor der mit Formen den Vorteil, daß sowohl die Fabrikation durch das Bedürfnis, die Masse in der Form erst antrocknen lassen zu müssen, nicht verzögert wird, als auch der Fabrik die Auslage und Fürsorge wegen der Formen erspart bleibt. Bei kleineren Tiegeln ist jedoch die Anwendung der Formen eine Notwendigkeit, da ein Boden von nur geringem Durchmesser bei sofortigem Aufsetzen ohne Form die Last der Seitenwände nicht tragen und der Tiegel zusammenstürzen würde.

Anfertigung der Schmelztiegel auf der Drehscheibe. Wegen der näheren Beschreibung der schon seit alten Zeiten bekannten Drehscheibe [1]), die vom Töpfer selbst oder durch Maschinenkraft bewegt wird, verweise ich auf Kerl, Tonwarenindustrie, S. 144 bis 152. Auch siehe: Maschinen in der Töpferei (Töpfer- u. Ziegler-Ztg. 1882, S. 206). Man verfährt zu Anfang wie oben angegeben wurde. Man bringt die Masse auf die Drehscheibe, indem dieselbe durch ziemlich heftiges Aufschlagen darauf befestigt wird. Hierauf setzt

1) Wurde schon 1900 vor Chr. von den Ägyptern benutzt.

man die Drehscheibe in Bewegung und behandelt den rotierenden Ballen nach verschiedenen Richtungen und mit verschiedenem Druck; von unten nach oben oder seitwärts oder von innen nach außen, wodurch dann ein allmähliches Aufsteigen und eine bestimmte Formgebung der Masse bewirkt wird. Die Behandlung der aufgedrehten Tiegel beim Trocknen ist dieselbe, wie bei den in der Form angefertigten. Die Stärke der Wände richtet sich nach der Größe des Tiegels, ebenso die letztere nach der Art der Anfertigung und der Konstruktion der Schmelzöfen.

Eine Maschine zum Formen von Tiegeln, welche die Wirksamkeit der Töpferscheibe nachahmt und die Verwendung möglichst magerer Masse gestatten soll, findet sich in den Ann. industr. 1878, 26. Mai, beschrieben. Die Form selbst steht zentriert auf einer Platte, welche. wie die Töpferscheibe, eine

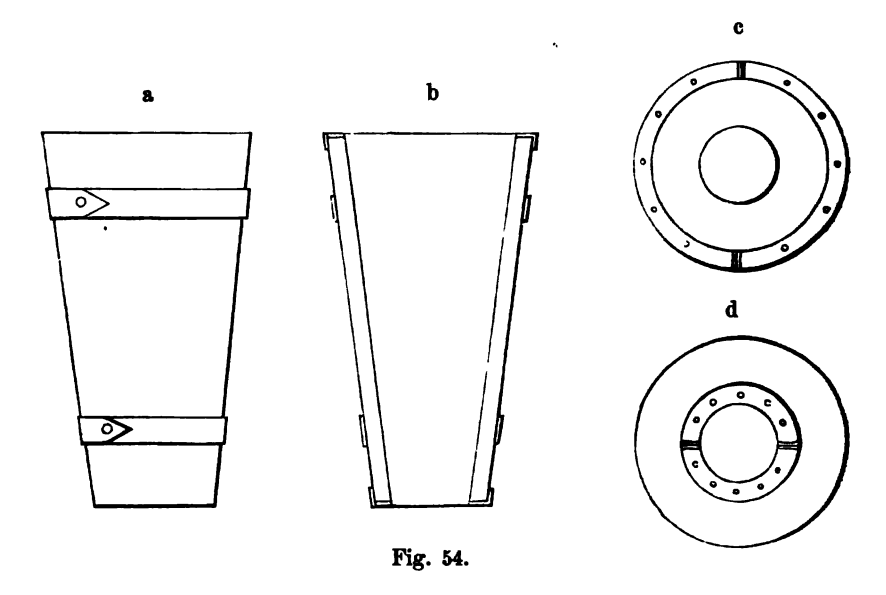


Fig. 54.

rotierende Bewegung erhält. Der Kegel zum Formen der inneren Wandung hängt an einer unten mit Gewinde versehenen Stange und ist durch einen Vertikalschnitt in zwei Teile geteilt, welche, unten durch Scharnier verbunden, sich aneinander vorbeischieben lassen. Dies wird bewirkt durch Drehen einer Mutter auf dem unteren Teile der erwähnten Stange. Mit der Mutter sind zwei Kniehebel verbunden, welche ihrerseits je mit einer der Hälften des Kegels zusammenhängen und beim Herabdrehen der Mutter diese voneinander wegschieben.

Die Formung des Tiegels geschieht nun in der Weise, daß in die Form geeignete Masse gebracht und die Scheibe in Drehung gesetzt wird. Der Kegel dessen beide Hälften bei Beginn der Arbeit sich decken, wird mittelst Zahnstange so weit in die Masse hinabgedrückt, wie es die beabsichtigte Dicke des Bodens erfordert, und dann durch Drehen der Mutter allmählich erweitert, dadurch wird die Masse, ganz wie es auf der Töpferscheibe durch die Hand des Arbeiters geschieht, an den Wänden der Form emporgepreßt; ein Rand

oben am Kegel dient dabei als Widerlager und bewirkt, daß auch der obere Teil des Tiegels genügend dicht wird.

Anfertigung in Formen. Die Herstellung der Schmelztiegel in einer Form wird auf dem Messingwerk zu Achenrain in Tirol ausgeführt [1]). Man nimmt von der Tiegelmasse eine gewisse Menge, ballt sie mit der Hand zu Kugeln und läßt sie etwas trocknen. Diese so geballten, getrockneten Kugeln schlägt man in die Form (Fig. 54, a b c d), die auf einem mit Graphit gepuderten Untersatze (Fig. 55) steht, und macht darauf den Boden des Tiegels. Hierauf nimmt man von der etwas frischeren Masse und schlägt die Form mittelst eines Stoßkolbens (Fig. 56) bis oben fest voll, wodurch die Seitenwände des Tiegels entstehen. Jetzt wird der Kern (Fig. 57) eingetrieben, die über der Form hervorquellende Masse mit einem Draht abgeschnitten, der Kern gelockert, angefeuchtet und dann damit die inneren Flächen des Tiegels durch Drehung desselben fest ausgetrieben, so daß ein nasser Glanz entsteht

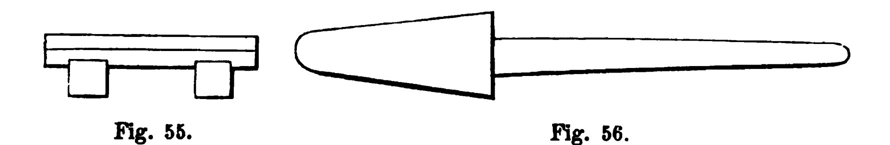


Fig. 55. Fig. 56.

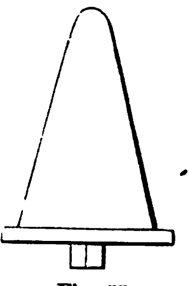


Fig. 57.

und alle noch vorhandenen Unebenheiten verschwinden. Ist dies geschehen, so läßt man den so entstandenen Tiegel einen Tag in der Form stehen, öffnet hierauf die aus zwei Hälften bestehende Form und setzt den Tiegel auf ein mit Graphit gepudertes Brett zum Trocknen. Die Tiegel können luftig stehen, dürfen jedoch der Sonne nicht ausgesetzt sein, auch müssen dieselben auf dem Brette mindestens einmal täglich gedreht werden, damit sie nicht ankleben. Außerdem muß man sie täglich sorgfältig besichtigen, ob nicht kleine Luftbläschen oder Risse entstanden sind. Die Bläschen öffnet man mit einem Messer und drückt sie hierauf ebenso wie die Risse sorgfältig mit der Hand zu. Dieses Verfahren muß so lange fortgesetzt werden, bis die Tiegel ausgetrocknet und fest sind.

Nach einem C. Wernicke in Königshütte erteilten Patente (Zusatzpatent zu No. 11676 vom 8. Februar 1880) werden Tiegel wie Hohlkörper überhaupt in umgekehrter Stellung gestampft. Es ist der Formrahmen auf einer Platte aufgestellt; der Kern tritt durch die Platte von unten in den Formrahmen ein. Zunächst werden die Seitenwandungen gestampft, dann wird der Kern etwas gesenkt und der Boden des Tiegels ebenso behandelt. (Tonindustrie-Ztg. 1882, No. 38).

Eine C. Don in Ampsin patentierte Presse (D. R.-P. 25120) zur Formung von Schmelztiegeln findet sich beschrieben und gezeichnet in der Töpfer-Ztg. 1884, No. 14.

Die Form und der Kern werden von den mit Rechts- und Linksgewinde versehenen Schrauben auf- und abbewegt. In der Zeichnung sind

1) Dinglers Journal 156, S. 113.

sie einander genähert, wobei zwischen ihnen eine ringförmige Platte liegt, die vom Gestell gehalten wird. Zum Formen des Tiegels wird ein Tonballen auf einen Kolben gelegt, dann werden Form und Kern durch Einschieben eines unter die Tragschwelle greifenden Keiles festgestellt und der Kolben der hydraulischen Presse in Tätigkeit gesetzt. Derselbe preßt den Ton in den Formraum. Gehen nach der Pressung Form und Kern auseinander, so wird der gepreßte Tiegel zurückgehalten; derselbe wird nach vollständiger Herausziehung des Kernes seitlich abgehoben.

Bei einer zweiten Presse ist die Form fest. Es wird hier der Tiegel dadurch aus der Form entfernt, daß, nachdem die Pressung durch den Kolben vollendet ist, letzterer mit dem angedrehten Rand gegen einen Wulst stößt. Hierauf kommt ein zweiter, in den ersten Kolben eingesetzter Kolben in Tätigkeit. Die Bewegung des Kernes geschieht hier durch hydraulische Pressen. Auch ist der Ring nicht am Gestell fest, sondern durch Spiralfedern elastisch am Kern befestigt.

In der Fabrik von S. H. Gautin & Co. in Jersey, Nordamerika, werden die Tiegel in der Weise erhalten, daß die Masse des Graphittonklumpens in eine Gipsform geworfen wird, welche auf einer sehr rasch rotierenden Scheibe steht. Hier wird er durch Zentrifugalkraft gegen die Wände der Form getrieben und erhält dann im Innern durch den vertikalen Arm eines gebogenen Hebels die gewünschte Form.

Schlickeysen preßte in einer Maschine größeren Kalibers aus trockenem Graphitpulver sauberste Graphittiegelchen mit aufgeprägtem Firmenzeichen in Mengen von 1500 Stück per Stunde. (Tonindustrie-Ztg. 1883, No. 11.)

Trocknen der Tiegel. Je langsamer die fertigen Tiegel getrocknet werden, je allmählicher und dann stetig gesteigert — wobei der Fuß des Tiegels stets an die heißeste Stelle zu bringen ist — das Austrocknen vorgenommen wird, um so sicherer ist man vor unvorhergesehenen Sprüngen und Rissen. Die Trockentemperatur muß wenigstens 100 °C betragen und längere Zeit andauern. Die Graphittiegel werden in Trockenstuben, die entweder durch einen Ofen oder einfach durch einen Rost, auf welchem man Koksklein verbrennt, geheizt werden, nach und nach sehr langsam (6—12 Wochen), aber durch und durch getrocknet, und besonders, wenn sie ungebrannt verwendet werden, an trockenen und warmen Orten auf Regalen aufbewahrt.

In der großartigen Graphittiegel-Fabrik der Plumbago crucible Company bei London werden die Tiegel in einer Trockenstube getrocknet, durch welche, wie in den Porzellanfabriken, der obere Teil des Brennofens durchgeht, um so eine gleichmäßige Erwärmung zu erhalten. Sie müssen so lange trocknen, bis sie beim Anschlagen einen hellen, metallenen Klang geben.

Ausglühen der Tiegel. Werden die Tiegel im gebrannten Zustande verwendet, so glüht man sie vorher aus; werden sie in derselben Fabrik sowohl angefertigt als benutzt, so brauchen sie nur gut getrocknet in die Schmelzerei abgeliefert zu werden.

Solche ungebrannte Tiegel dürfen nicht in einem Raume aufbewahrt werden, der der Kälte im Winter ausgesetzt ist. Ferner müssen diese, wie auch die gebrannten Tiegel stets, ehe man sie in Gebrauch nimmt, vorher langsam ausgeglüht werden, um die aus der Luft aufgesogene Feuchtigkeit zu entfernen, welche sonst leicht ein Springen veranlaßt. Um die Feuchtigkeitsanziehung zu beseitigen, hat man die Tiegel (sogenannte Salamander Schmelz-

tiegel) durch einen wasserdichten Überzug zu schützen gesucht, sie glasiert und gesalzt. D. R.-P. No. 5812 (1879). Auch werden nach einem Patente von Peto (D. R.-P. 1811) die gebrannten Tiegel sofort nach dem Brennen in noch warmem Zustande (ca. 100° C) mit einem Firniß, bestehend aus in Terpentin, Holzgeist oder in Weingeist aufgelöstem Harz, Gummi oder Pech, nochmals bestrichen.

In Birmingham geschieht dieses Ausglühen der Tiegel in länglich viereckigen Windöfen von etwa 30 cm im Quadrat Weite und ²/₃ m Tiefe. Der kalte Ofen wird angefeuert mit einer einige Zoll hohen Schicht von Koks, auf welche der Tiegel umgekehrt gestellt und darauf der ganze Ofen mit Koks angefüllt wird, so daß der Tiegel nach und nach rot glüht. Sobald dieser Hitzegrad erreicht ist, wird der Tiegel in dem Ofen umgekehrt und schließlich, nachdem er durch und durch glühend geworden ist, der Ofen erkalten gelassen. Bei zu raschem oder zu heftigem Brennen reißen die Tiegel [1]).

Für die Tiegel zum Stahlschmelzen befolgt man im allgemeinen zweierlei Wege beim Ausglühen, die je nach dem zum Schmelzen verwendeten Brennmaterial verschieden sind. Werden Koks und Steinkohlen zum Stahlschmelzen angewendet, so geschieht auch das Ausglühen mit Koks oder Steinkohlen. Bei Koks stellt man die Tiegel auf ihre Öffnung, den Fuß nach oben, zu 16 bis 20 Stück in eine Art von Herd, der von drei Seiten geschlossen und an der vorderen Seite mit einer Tür versehen ist; darunter befindet sich ein Rost und zwischen je zwei Tiegeln bleibt ein Zwischenraum von etwa 2 cm. Nachdem der Herd die Tiegel aufgenommen hat, wird die Tür geschlossen und alle Zwischenräume mit Koksklein ausgefüllt, worauf man dasselbe unter dem Rost anzündet. Die Entzündung durchdringt die Koksschicht nach und nach, so daß die Glut erst nach 6 oder 8 Stunden die Oberfläche erreicht.

Je länger die Dauer des Ausglühens währt, um so besser werden die Tiegel; jedoch muß man zu vermeiden suchen, daß das Feuer in dem Maße, als die Glut emporsteigt, nicht bereits in dem unteren Teil verlischt. Die umgekehrte Stellung des Tiegels hat den Zweck, den Fuß desselben auf das stärkste ausglühen zu können.

Bei Steinkohlen wendet man eine Art von Zementierkasten an, der zum Einbringen und Herausnehmen der Tiegel mit einer Seitentür versehen ist. Die Flamme durchstreicht den Kasten, welcher 20—50 Tiegel aufnehmen kann, entweder liegend oder mit der Mündung nach unten. Ein solcher Glühprozeß muß mindestens 8 Stunden dauern.

In der genannten Fabrik der Plumbago crucible Company ähneln die Glühöfen den gewöhnlichen Steingutöfen. Sie sind rund und laufen oben in einer Esse aus. Die Tiegel werden daselbst in Kapseln gebrannt, um zu vermeiden, daß der Graphit an der Oberfläche verbrennt. Geschieht dieses dennoch in geringem Maße, wodurch sie an der Oberfläche grau werden, so erhalten sie durch Einreiben mit Graphit wieder das schwarze, glänzende Aussehen. Auch eignen sich dazu Öfen, Flammöfen, wie sie in den Glashütten zum Antempern gebraucht werden und daselbst entweder mit dem eigentlichen Glasofen verbunden, von der abgehenden Hitze desselben gespeist werden, oder, wie man es neuerdings vorzieht, in der Nähe des Glasofens mit eigener Feuerung errichtet sind.

---

1) Als Ofen zum Ausglühen wird empfohlen der mit 1200 und 1300° C arbeitende Siemensofen.

An verschiedenen Orten fabriziert man Grapittiegel, welche meist nur unter dem Namen des Fabrikationsortes im Handel bekannt sind.

Um das Schmelzgut vor der reduzierenden Einwirkung des Graphits zu schützen, hat man die Graphittiegel mit einem inneren Futter versehen. So werden nach einem Patent der Schmelztiegelwerke in Hainsberg in Sachsen (D. R.-P. 15557) die Tiegel mit einer Mischung aus 2 Teilen Magnesit, 2 Teilen feuerfestem Ton und 1 Teil Quarz ausgestrichen und dann gebrannt. Die Tiegelmasse büßt damit, wenn das Futter sich dicht genug brennen soll und daher eine genügende Menge der Mischung genommen wird, nicht unbedeutend an Schwerschmelzbarkeit ein.

Diverse Graphittiegel[1]. Die schon erwähnten Achenrainer Messing-Schmelztiegel enthalten außer Passauer Ton und Graphit einen Zusatz von gereinigten Schmelztiegelscherben. Auch nimmt man nur fein zerkleinerte Schmelztiegelscherben, sogenannten Schmelztiegelsand, und setzt dazu noch ein Drittel Passauer Erde. Mischung, Homogenisierung, längeres Durchfeuchten, Durchtreten geschieht wie oben angegeben.

Die Passauer oder Ypser Tiegel bestehen aus Hafnerzeller Graphit, welcher letztere 50—65 Proz. erdigen Rückstand enthält, Ceylon-Graphit und die Hälfte bis ein Drittel Passauer Ton (auf 1 Teil Ton 1 oder, wie angegeben wird, 2 Teile Graphit).

Die vorzüglichen Tiegel der Plumbago crucible Company, dargestellt aus Stourbridge-Ton und Ceylon-Graphit, enthalten 52,6 Proz. Graphit. Sie bestehen also aus zirca gleichen Teilen Ton und Graphit. Die Tiegel werden dort aufgedreht. Die Gesellschaft verwendet jährlich Tausende von Zentnern vorzüglichen Ceylon-Graphits. Außer dem angegebenen Verhältnis wird der feingemahlene Graphit mit dem kurzen Stourbridge-Ton für verschiedene Zwecke verschieden versetzt. Die trockene Mischung feuchtet man mäßig an und läßt sie gleichfalls behufs der gleichartigen Durchfeuchtung einige Zeit liegen. Sie wird alsdann in einen Tonschneider gebracht, in welchem sie sehr gleichmäßig durchgearbeitet, darauf in Blöcke geformt wird, die wieder mehrere Wochen lang lagern. Durch dieses Lagern wird die Plastizität der Masse erhöht.

Durch hohe Schwerschmelzbarkeit zeichnen sich die Tiegel von Hynam, Tanners-Hill, Deptfort, aus, welche bis 70 Schmelzungen aushalten. Ferner werden in ausgezeichneter Qualität Graphittiegel angefertigt von G. Ruel in London.

Birminghamer Graphittiegel. Der Birminghamer weiche, zähe Tiegel besteht aus 3 Teilen Graphit, 2 Teilen bestem Stourbridge-Ton und 1 Teil Schamotte, aus alten gebrauchten Ziegeln bereitet, die gemahlen und durch ein Sieb von 3 mm Weite gesiebt sind. Zu einer anderen Mischung, bei der eine gewisse Menge Koks hinzugefügt ist, wird nach Hauston genommen: 3 Teile Graphit nebst 2 Teilen harter Koks, 4 Teile des besten Stourbridge-Tiegeltons und 1 Teil Schamotte von alten Tiegeln. Wenn keine alten Tiegel zu haben sind, muß die Mischung hartgebrannt, gemahlen und

1) Eigentümliche Schmelztiegel befanden sich auf der Ausstellung in Düsseldorf 1902 zum „Tauchverfahren“ (ausgestellt von den Düsseldorfer Schamotte- und Tiegelwerken), welche oben in viereckiger Form und nach unten hin trichterförmig ausliefen.



gesiebt werden. Die Schuppen oder Abfälle aus dem Innern von Gasretorten zieht man den sonst benutzten besten gewöhnlichen Hartkoks vor. Diese sämtlichen Ingredienzen müssen durch ein Sieb mit 3 mm großen Löchern gesiebt, längere Zeit angefeuchtet und gehörig durchtreten werden. Sobald die daraus hergestellten Tiegel trocken sind, werden sie in den Ofen gebracht und ausgeglüht, aber nicht hart gebrannt. Die Tiegel, welche bei der größten Erhitzung nicht schmelzen, sollen zum Schmelzen der härtesten Metalle genügen, auch bei rascher Erwärmung oder Abkühlung nicht springen. Ein solcher Tiegel, welcher 50—60 kg Metall aufnehmen kann, soll, wie es heißt, regelmäßig 14 bis 16 mal das Schmelzen von Eisen, sogar Schmiedeeisen, aushalten.

Berliner Tiegel. Berliner Gußstahlschmelztiegel werden aus Graphit und Ton von Vallendar gepreßt.

Duisburger Tiegel. Von bewährten Graphittiegeln aus der Duisburger Fabrik (am Rhein), welche *gut und regelmäßig drei Stahlschmelzungen* aushalten, wurden ungebrauchte Stücke von mir untersucht. Ich fand darin auf 8 Gewichtsteile Ton inkl. 1 Teil feiner Schamotte 4 Teile Graphit. Der verwendete Ton kommt dem Normalton der fünften Klasse gleich und dürfte sein Bindevermögen = ca. 8 (alt) sein. Der Graphit ist Ceyloner, wie er zum Preise von 7—12$^{3}/_{4}$ Mark pro 50 kg je nach der Sorte, am besten direkt von London nach vorher untersuchtem Muster zu beziehen ist und sich durch seine charakteristischen Kennzeichen zu erkennen gibt. Auch ist, beiläufig bemerkt, Graphit über Köln zu haben, wovon die beste Kölner Sorte dem Ceyloner, prima Qualität, pyrometrisch, wenn auch nicht völlig gleich ist, doch so nahe kommt, daß von einem wesentlichen Abstande nicht die Rede sein kann; nur ist bei einem Bezuge durch die zweite oder dritte Hand die Qualität außerordentlich wechselnd und ist der Preis häufig gar nicht maßgebend. Es empfiehlt sich wenigstens, wenn man nicht weiter gehen will, den Aschengehalt stets zu bestimmen und danach den Zusatz einzurichten.

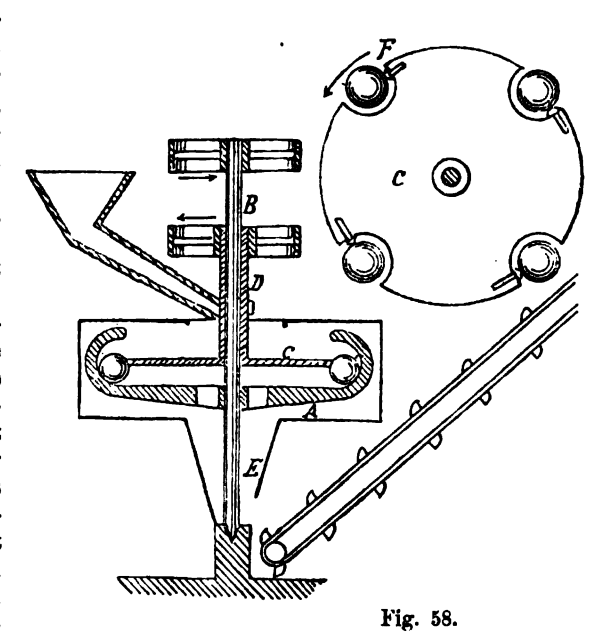


Fig. 58.

Nürnberger Tiegel. Auch werden von Gruber und Ramm in Nürnberg Graphittiegel angefertigt, die sich eines guten Rufes erfreuen.

Herstellung amerikanischer Graphittiegel. In neuerer Zeit werden in Amerika, wo man früher seinen Bedarf aus Deutschland deckte, die Graphittiegel massenhaft und unabhängig vom Auslande angefertigt. Man mahlt den Graphit mittelst einer sogenannten Kanonenkugelmühle. Das Rohmaterial liefern die Graphitgruben von Ticonderoga im Staate New-York in bester Qualität.

Der daselbst gewonnene Graphit ist von blätteriger oder körniger Form. Für die Herstellung der Schmelztiegel wird aber nur der blätterige Graphit benutzt. Auf den Werken der Joseph-Dixon-Schmelztiegel-Compagnie in Jersey mahlt man den Graphit auf der bezeichneten Kanonenkugelmühle, deren Einrichtung die Fig. 58 im Vertikaldurchschnitt und im Grundriß zeigt. A ist ein pfannenartiger gußeiserner Behälter mit einer Öffnung in der Mitte, durch welche Arme gehen, die eine Nabe tragen, mit welcher die Pfanne auf der Welle B sitzt. Diese Welle wird mittelst einer Riemenscheibe nach der Richtung umgedreht, welche der Pfeil angibt. Innerhalb der Pfanne A befindet sich eine Scheibe C, deren Ansicht der rechts oben befindliche Grundriß zeigt; diese Scheibe ist mit vier Auskehlungen versehen, worin je eine 16 kg schwere Kanonenkugel liegt, die von der Scheibe C in der Pfanne herumgerollt wird, indem die Scheibe in entgegengesetzter Richtung zur Umdrehung der Pfanne ebenfalls mittelst einer Riemenscheibe D umgetrieben wird. Die Mühle ist von einem Gehäuse umgeben, in welches der Graphit mittelst eines Trichters eingeführt wird, der gemahlene Graphit fällt durch den Schlot E herunter und wird durch einen Elevator fortgeschafft. Wenn der Graphit in die Pfanne gelangt, so wird er durch die von der schnellen Rotation der betreffenden Teile erzeugte Zentrifugalkraft in den rinnenartigen Umfang der Pfanne getrieben, wo er von den rollenden Kugeln zermalmt wird. Die Abnutzung der Kugeln durch die Scheibe ist mittelst der Stahlzapfen F verhütet. Wie einleuchtend, gelangen infolge der Wirkungsweise dieser Vorrichtung die schwereren Graphitteile an den äußersten Umfang der Pfanne, während die feineren durch ihr geringes Gewicht nach der Mitte hingetrieben werden, so daß der am feinsten gemahlene Graphit durch die Zentralöffnung herabfällt, während die gröberen Teile beständig der Wirkung der Kugeln ausgesetzt bleiben. Zum Mahlen von Graphit haben sich solche Mühlen außerordentlich gut bewährt.

Der so präparierte Graphit wird mit etwas Porzellanerde gemischt, und zwar in verschiedenem Verhältnis, je nach der Verwendungsart der Tiegel. Auf je 10 Gewichtsteile Graphit werden 7 Teile des bekannten, von Bayern importierten Klingenberger Tones genommen; außerdem kommt etwas gemahlene Holzkohle dazu, um der Masse eine gewisse Porosität zu geben. Sämtliche Bestandteile werden trocken gemischt, erst nachher wird Wasser hinzugefügt und die Mischung in einen großen gußeisernen Zylinder gebracht, der etwa 3 Tonnen Masse faßt. Hier wird die Masse durch Arme bearbeitet, die radial an einer vertikalen rotierenden Welle sitzen. Jeder Arm ist außerdem mit vier vertikalen Messern versehen, die oben flach und unten gebogen sind, so daß ein Knetprozeß durchgeführt wird, wodurch man in kurzer Zeit eine ganz homogene Masse gewinnt, welche die Konsistenz eines dicken Schlammes hat, der zum Formen der Tiegel dient. Das Formen geschieht bloß mit der Hand oder auf der Drehscheibe; besondere Formen werden immer in ersterer Weise hergestellt. Die nötige Quantität der Masse wird abgewogen, der Former setzt sie in Ballenform auf eine Töpferscheibe, wo das weitere Aus-

arbeiten, ganz ähnlich wie bei Töpfergeschirr, mit der Hand erfolgt. Das Formen mit der Maschine geschieht ebenso, wie dies in der Töpferei zur Herstellung gewisser Gegenstände üblich ist. Es wird eine Gipsform hergestellt und in diese der Graphitbrei gebracht; hierauf kommt die Form auf die Drehscheibe und der Former streicht die Masse an den Seiten der Form gehörig aus. Sobald die Masse genügend trocken geworden ist, wird der fertige Tiegel durch Umstürzen aus der Form genommen. Der Brennprozeß ist derselbe, wie bei der gewöhnlichen Töpferware.

Hinsichtlich der Größe sind die Schmelztiegel sehr verschieden, indem sie für einen Fassungsraum von 70 gr bis zu 200 kg hergestellt werden. Die Dauer ist bei Messingguß 35—45 Schmelzungen, Tontiegel können nur einmal benutzt werden. Beim Stahlschmelzen halten die Graphittiegel 4 bis 6 Gänge aus; noch länger halten sie, wenn sie mit einer Mischung aus feuerfestem Ton, Graphit, Holzkohle (oder besser noch Gaskohle) und reinem feinen Quarzsande umgeben werden. Nach jedem Schmelzen muß man die angesetzte Schlacke entfernen. Bei der Aufbewahrung der Tiegel müssen dieselben, wie schon angedeutet, an einem trockenen Orte sich befinden. Beim erstmaligem Gebrauche muß man die Tiegel sehr allmählich anwärmen; auch soll das Feuer die Tiegel möglichst gleichmäßig umgeben, weil sie sonst leicht springen.

Verhältnis des Graphitzusatzes. In besonderen Fällen ist der Graphitzusatz außerordentlich zu steigern. So wendet Tamm (Dinglers Journal 1872, Bd. 106, S. 38) beim Verschmelzen von Manganerzen, die eine hohe Temperatur erfordern und wobei selbst die besten Graphittiegel bald durchfressen werden, ein sehr bedeutend graphithaltiges Tongemenge an. Er nimmt auf 1 Teil feuerfesten Ton 3 Teile Graphit, macht das Gemenge zu einem dicken Teige an und schlägt damit die Tiegel möglichst gleichmäßig, doch nicht über 15 mm stark, aus. Ein solches Futter widerstand den Zuschlägen und Flüssen vollständig.

Anwendung von Koks und Holzkohlen statt Graphit. Statt des Graphits wendet man, jedoch in weit geringerer Menge, die billigeren Koks oder Holzkohlen an. Hierbei ist aber zweierlei zu berücksichtigen. Erstens sind diese Stoffe, wie gesagt, viel leichter verbrennlich und machen, in größerer Menge zugesetzt, die Tonmasse um so mehr porös und bröckelich wie stark schwindend und damit widerstandslos. Zweitens zementieren sie den Stahl, d. h. das Eisen kohlt sich mehr, als dies in den Graphittiegeln der Fall ist.

Die Masse für die Stourbridge-Tontiegel wird teils aus rohem, teils aus gebranntem Stourbridge-Ton unter Verwendung gereinigter Glashafenscherben und Koks zusammengesetzt und dann mit der Hand in Formen angefertigt.

Die in England und auf dem Kontinente zum Gußstahlschmelzen angewendeten Tiegel werden aus einer Mischung von gleichen Volumen von Stourbridge-Ton und Ton von Stannington, $^1/_{10}$ Volumen gestoßenen Tiegelscherben, $^1/_{100}$ Volumen gepulverten Koks und dem zur Breibildung nötigen Wasser durch Pressen in gußeisernen Formen dargestellt. Sie werden in England gewöhnlich ungebrannt verkauft und nur für den Export gebrannt.

Tiegel aus 8 Teilen Stourbridge-Ton und Schamotte, 5 Teilen Kokspulver und 4 Teilen Graphit gaben in der königl. Eisengießerei in Berlin sehr befriedigende Resultate. Sie hielten 23 Schmelzungen von 38 kg Gußeisen

aus und ertrugen auch die höchsten Temperaturen, so daß selbst Schmiedeeisen [1]) darin geschmolzen werden konnte.

Die Tiegelmasse auf einem der ersten Sheffielder Stahlwerke ist nach Percy zusammengesetzt aus:

15 Teilen Derbyshire-Ton von Eclensor,
7 „ Stannington-Ton [2]),
2 „ Tiegelscherben und
1 Teil Kokspulver.

Nach Mène hatten englische Graphittiegel nachstehende Zusammensetzung:

Kieselsäure	51,40	45,10	50,00
Tonerde	22,00	16,65	20,00
Eisenoxyd	3,50	0,95	1,50
Graphit	20,00	34,50	25,50
Kalk	0,20	0,00	0,50
Wasser	1,80	2,50	2,00
Verlust	1,10	0,30	0,50

Nach älterer Mitteilung von Jullien soll eine gute Tiegelmasse erhalten werden aus:

gepulvertem fetten, gut feuerfestem Ton	16 Maßteile
gepulvertem und gebranntem Ton	10 „
Scherben von schon benutzten Tiegeln	2 „
Koks	1 „
Wasser	13 „
Summa	42 Maßteile.

Eine brauchbare Komposition, auch zu Schmelztiegeln, welche in Bayern in Anwendung kommt, soll man darstellen aus:

8 Teilen Passauer Ton,
4 „ Memminger Ton,
10 „ Scherben,
8 „ Quarz und
2 „ Koks.

Auf der Sollinger Hütte im Hannoverschen sollen nach Streng ausgezeichnete Gußstahlschmelztiegel gefertigt werden aus:

---

1) Das Messing geht leichter durch die Tiegelwand wie Eisen, und kann ein Tiegel für Messing durchlässig sein, der es für Eisen nicht ist. Ein guter Messingtiegel vermag 25 Güsse auszuhalten und lassen sich darin bis zu 2000 kg Kupfer schmelzen.

2) Besteht nach Humbly aus:

Tonerde	34,47
Kieselsäure	48,04
Magnesia	0,45
Kalk	0,66
Eisenoxyd	3,05
Kali	1,94
Wasser	11,15
Summa	99,76
Gibt F. Q. =	2,57

9 Teilen rohem Schöninger Ton,
14 „ gebranntem Schöninger Ton und
6 „ Holzkohlen.

Sonstige feuerfeste Tiegel.

Für Tiegel zur Verwendung bei höchsten Temperaturen speziell, wo eine Beimischung von Silizium und Kohlenstoff zu dem Schmelzgut zu vermeiden ist, benutzt man schon länger und besonders in neuester Zeit folgende Materialien.

a) Kalktiegel. Kalktiegel [1]) werden entweder aus Stücken auf der Drehbank ausgehöhlten Ätzkalkes oder bei größeren Dimensionen dadurch bereitet, daß man in einen feuerfesten Tiegel Kienruß fest einstampft, denselben bis zu 13 mm Wandstärke ausschneidet, in die geglättete Höhlung Ätzkalkpulver einstampft und darin eine Vertiefung ausschneidet. Auch kann man das Kalkpulver gleich um einen zentralen Holzkern, der die Dimensionen des Innern von dem darzustellenden Kalktiegel hat, einstampfen und dann den Kern vorsichtig herausnehmen. Im Feuer soll die Kalkmasse fest und kompakt werden und verhindert die Zwischenschicht von Kienruß, welche selbstredend unter Auflockerung eine zirkulierende Atmosphäre innerhalb des Tiegelraums herbeiführt, die Wirkung auf den äußeren Tiegel. Forbes schmolz in solchen Tiegeln Schmiedeeisen und Kobalt. Deville, der sich wohl zuerst der Kalktiegel, und zwar aus einem schwach hydraulischen Kalke bediente, schmolz darin Kieselsäure.

b) Magnesiatiegel [2]). Magnesiatiegel lassen sich in gleicher Weise mittelst gebrannter Magnesia herstellen. Dieselben, schon vor längerer Zeit von Thilorier zum Schmelzen des Platins angewendet, sind, aus reiner Masse und richtig dargestellt, für sich in gewöhnlicher und selbst sehr hoch gesteigerter Feuerung unschmelzbar. Caron [3]) bediente sich dazu der kohlensauren Magnesia (Magnesit) von der Insel Euböa. Der Magnesit wird zur Austreibung der Kohlensäure gebrannt, wozu nur mäßige Rotglühhitze erforderlich ist. Das Material ist darnach leicht zu pulvern und lassen sich die festeren, fremdartigen und leichter schmelzbaren Einsprengungen, besonders eine Serpentinart, wie auch der Quarz leicht aussondern. Hierauf wird die Magnesia, um deren sehr starkes Schwinden zu beseitigen, heftigst und am besten wiederholt geglüht und gemengt mit 15 Proz. der schwachgebrannten, etwas plastischen, beide in Pulverform. Kommen hierzu 10—15 Proz. Wasser, so wird eine Masse erhalten, welche, stark gepreßt, beim Trocknen in der Luft fest wird und noch mehr beim Brennen. Tiegel, doch wegen des Anklebens der Masse nicht größere, wie auch feuerfeste Steine lassen sich so pressen, die indessen leicht unversehens Risse bekommen oder zerspringen. Für größere Tiegel empfiehlt Caron die nur schwach gebrannte Magnesia, auffallenderweise trotz deren außerordentlichem Schwinden, anzufeuchten, sie in die Formen zu drücken, zu trocknen und schließlich den fertigen Tiegel zu brennen. Bei nicht genügender Erhärtung soll sich durch Eintauchen in Borsäurelösung völlige Festigkeit erzielen lassen. Eine ähnliche Behandlung,

1) Dinglers Journal 183, S. 383.
2) Berg- u. Hüttenm.-Ztg. 1868, S. 247; Wagners Jahresber. 12, 336; 14, 434. M. s. ferner Johnson, Herstellung von Magnesiatiegeln, Sprechs. 1885, No. 47.
3) Dinglers Journal 1868 189, 110.

sowie nahe gleiche Verhältnisse finden sich auch später von anderen wiederholt angegeben.

Man hat für die Feuerfestigkeitsprüfung in jüngster Zeit im Laboratorium der Tonindustrie-Zeitung auch Magnesiatiegel, ausgegossen mit Tonerde, versucht und in Vorschlag gebracht; doch wurden dieselben wegen der sichtlichen Verstäubung der Magnesia aufgegeben. Trotz der Tonerdeschicht zeigen die Proben Anflüge von Magnesia, infolge dessen sie sich glasieren. Ähnliches läßt sich bei mit Tonerde überkleideten Chromittiegeln beobachten, worin sich die Probekörper rot färben. (Sprechsaal 1893, No. 52.)

Zur Herstellung von Kapellen wendet man eine Mischung von 80 Proz. sehr stark erhitzte Magnesia und 20 Proz. bei niedriger Temperatur geglühte an. Das Abbinden wird befördert durch Zusatz von etwas Salzsäure zu dem beim Formen benutzten Wasser. Wie einleuchtend, ist das Austreiben des Wassers und der Salzsäure mit einer Veränderung verbunden, die leicht Rissigkeit herbeiführt.

Lobleys Material zu feuerfesten Tiegeln besteht aus einem plastischen Magnesiasilikat (Asbestin)[1]).

Auch der oben erwähnte Asbest, diese Doppelverbindung von kieselsaurer Magnesia und kieselsaurem Kalk, wird für „sehr dauerhafte", doch keinenfalls sehr schwerschmelzbare Schmelztiegel empfohlen. Schmelztiegel für Stahl und edle Metalle, die jedoch noch leichter schmelzbar sind, werden so erzeugt aus einem Gemenge von zerstoßenen und geschlämmten

Porzellanscherben oder Schamotte . . .	10	Teile
bis zu 3 mm zerkleinertem Asbest . . .	15	„
nicht allzu fein gepulvertem Quarz . . .	3	„
Graphit	10	„
feuerfestem Ton	22	„

Waterhouse in Wakefield stellt Tiegel aus folgender asbesthaltigen Masse dar: 3 Teile feuerfester Ton, $2\frac{1}{2}$ Graphit, 2 gepulverter Asbest, $\frac{1}{4}$ Magnesia und $\frac{1}{2}$ Quarz. Dieselbe wird mit Natronwasserglas angemacht und geformt. Der Asbest, als faseriger Körper, verhindert das Zerfallen oder Rissigwerden bei einer eintretenden Neigung zum Zerspringen des Tiegels. Seine Schwerschmelzbarkeit aber ist überhaupt eine geringe und wird dieselbe durch Tonbeimengung noch mehr herabgedrückt. Die Masse schmilzt bereits in Silberschmelzhitze.

c) Tonerdetiegel. Sie werden nach Deville bereitet aus gleichen Teilen Tonerde und Marmor, welche erstere aus schwefelsaurer Tonerde oder bei der Kryolithverarbeitung erhalten wird. Die Masse glüht man bei sehr hoher Temperatur und vermengt einen Teil davon mit einem Teil geglühter Tonerde und einem Teil durch Ammoniak aus Alaunlösung gefälltem gelatinösen Tonerdehydrat, formt daraus Tiegel, welche, einmal gebrannt, nach Deville jeden Temperaturwechsel und die Berührung mit jedem Stoffe vertragen sollen. Statt der Tonerde verwendet man auch Bauxit oder ein Gemenge von Tonerde und Magnesia (Spinelltiegel)[2]). Zu bemerken ist, daß solche Tiegel und namentlich aus Bauxit bedeutend schwinden und stark reißen. Ein bedeutendes Vorwiegen der Tonerde gilt dabei als Bedingung

1) Illustr. Gew.-Ztg. 1865, S. 238-
2) Dinglers Journal 179, S. 194.

und dürfen die Flußmittel nur einen geringen Bruchteil betragen, wenn darunter die Schwerschmelzbarkeit nicht leiden soll.

Zum Schlusse mögen noch die in neuester Zeit angewendeten elektrischen Tiegel von Wilh. Siemens angeführt werden. In einen Graphit- oder Tontiegel, mit einem Mantel von schlechten Wärmeleitern umgeben, treten durch runde Öffnungen im Deckel und Boden die beiden aus dicken Kohlenstäben gebildeten elektrischen Pole, welche wie bei dem Bogenlicht in einer bestimmten gleichmäßigen Entfernung von dem zu schmelzenden Metall erhalten werden. Unter Anwendung einer Dynamomaschine, zu deren Betrieb 67 Pferdekräfte erforderlich sind, kann, wie angegeben wird, in einem solchen Tiegel in einer Viertelstunde 1 kg Stahl geschmolzen werden. (Tonind.-Ztg. 1882, No. 50, siehe weiter „Metallschmelzung mittelst Elektrizität", ebendaselbst 1885, No. 17.) Ferner sehe man Beschreibung des elektrischen Ofens, Dinglers Journal 1893, H. 7, woselbst sich auch ein einfacherer derartiger Ofen von Cowles angegeben findet. Anzuführen sind hier die Versuche von Moissan, der in einem aus reinem Kalk bestehenden Apparate Proben einer Temperatur von etwa 3000° unterwarf. Von zwei anderen Franzosen, Ducretet und Lejeune, wurde ein Apparat beschrieben, der es erlaubt, mit geringen Stromstärken kleine Substanzproben der im elektrischen Lichtbogen herrschenden Temperatur auszusetzen. Eine ähnliche Vorrichtung ist von der technischen Abteilung der Gold- und Silberscheideanstalt in Frankfurt a. M. konstruiert worden und kam darin nach einem Vortrag von Neufville Platin, Kieselsäure und Chromoxyd zum Schmelzen. (Ziegel u. Zement 1896, No. 6.) Man sehe weiter den oben beschriebenen hochinteressanten Ofen von Heraeus.

Zinkdestillier-Gefäfse.

Eine besonders sorgsame Behandlung bei ihrer Anfertigung verlangen die Zinkdestilliergefäße[1]) (Röhren, Retorten und Muffeln genannt), da deren Wände nicht bloß flüssigen Stoffen (dem geschmolzenen Zink, sowie Blei), sondern einem gasförmigen, dem flüchtigen Zink im hohen Feuergrade zu widerstehen haben. Die Zinkgewinnung ist gar sehr, namentlich in quantitativer Hinsicht abhängig von der Güte der zu den Gefäßen oder Behältern verwendeten feuerfesten Masse und bildet daher deren richtige Auswahl und genaueste Zubereitung wie Behandlung einen Hauptteil des ganzen Betriebes. Es handelt sich dabei um die bekannten, aber hier um so strenger zu beobachtenden Regeln, wie wir sie oben und namentlich bei den Tiegeln bisher kennen gelernt haben. Nächst der genügenden, doch nicht so bedeutenden Schwerschmelzbarkeit des Materials und dessen nicht ungünstiger Beschaffenheit kommt es auf das Dichtbleiben (keine Risse oder ein Mürbwerden) im Feuer an, was aber bei einer löffelweisen Beschickung, wobei eine beträchtliche Abkühlung und damit in der Regel Risse entstehen, eine sehr schwierige Aufgabe ist. Die neueren Bestrebungen laufen daher, auch mit Rücksicht auf das schwierige Ausräumen, auf Einführung eines Zinkschachtofens[2]) hinaus, mit einer kontinuierlichen Beschickung wie Entleerung statt der bisherigen intermittierenden

1) Über Herstellung von Zink, den Röstprozeß, Zinköfen, Muffelöfen cf. Dinglers Journal 235, S. 219, ferner siehe eingehende Versuche über Gewinnung des Zinks im Hochofen, Clerc, Dinglers Journal 229, S. 179.

2) Ein Schachtofen zur Zinkgewinnung wurde Kleemann patentiert. Dinglers Journal 1882, S. 221.



und in horizontaler Lage. Dem Schwinden der Masse ist stets mit allen Mitteln vorzubeugen, und ist zu dem Zwecke eine wesentliche Bedingung, die angewendete Schamotte so vollständig wie möglich durch Brennen für späterhin unveränderlich zu machen, frischen Ton und Wasser nur so viel zu verwenden, als für das Formen der Gefäße und ihre Haltbarkeit während des Trocknens unumgänglich erforderlich ist; ferner muß mit deren Größe auch entsprechend das Schamottekorn wachsen und ist auf die Verdichtung der Masse während der Bearbeitung durch mechanische Mittel geflissentlich hinzuwirken.

Von besonderer Bedeutung ist für die Zinkproduktion die möglichst geringe Porosität des dabei benutzten Destilliergefäßes. Die Erfahrung lehrt, daß am ersten Tage nach dem Einsetzen die frischen Muffeln bedeutend weniger Zink liefern als in den darauf folgenden Schichten, indem ein Teil des sich verflüchtigenden Zinkes in die Poren eindringt und nicht nur mechanisch, sondern auch chemisch gebunden wird, wie es das Blauwerden [1]) der Muffeln beweist. Je poröser die Masse schon im lufttrockenen Zustande ist, ein um so bedeutenderer Verlust an Zink wird sich einstellen, und ist es daher von Wichtigkeit, die Porosität der lufttrockenen Masse durch Auswahl des Tones, des Schamottekorns und dessen Menge auf ein durch vorherige Versuche ermitteltes Minimum herabzubringen.

Von Wichtigkeit ist weiterhin das Trocknen bei den Zinkgefäßen. Man wendet daher große Trockenkammern an, in denen ein großer Vorrat für 3—6 Monate vorhanden sein muß, wovon immer die ältesten zur Benutzung kommen. Die Trockenkammern sind so eingerichtet, daß die Gefäße, indem man sie weiter rückt, nach und nach einer immer höheren Temperatur ausgesetzt werden. Die Steigerung der Trockenwärme findet von etwa 32—45 ^{0} C statt. Zur Bezeichnung des Alters der zu benutzenden Gefäße versieht man dieselben nach ihrer Anfertigung mit dem Datum.

Wir erwähnen hier unter den wenigen Angaben über die **Herstellung der Masse für die Zinkgefäße** die in Belgien gebräuchliche und führen zugleich einige der bekanntesten Muffeltone an. Nach Goré wird als bestes Gemenge zur Reduktion des Zinkes empfohlen ein solches aus:

10,5 Maßteilen Ton von Tahier (Belgien),
10 desgleichen, gebrannt,
8 „ Scherben,
1 „ Quarz,
0,5 „ Koks.

Eine vorzügliche Muffel- und Retortenmasse wird auf der Zinkhütte zu Cilli in Steiermark aus Flöhauer Ton hergestellt.

Unter geschätzten und in den schlesischen Zinkhütten mehr oder weniger bewährten feuerfesten Tonen ist zu nennen der von Groyez bei Alwerin im Krakauischen, wie der Kappenton von Twardowice [2]) und der mehrfach empfehlenswerte Muffelton von Petrikau (eigentlich Radosczyce, 9 Meilen von Petrikau), beide in Polen, wovon der letztgenannte der schwerschmelzbarere

1) Nach Stelzner u. Schulze ist das Blauwerden von Zinkmuffeln, welches nach etwa 14tägigem Gebrauche eintritt, in der Bildung blauer Zinkspinelle begründet. Dinglers Journal 242, S. 53; cf. weiter unten.

2) Der Twardowicer Ton hat nach G. Schneider, wie dies bei kohlenreichen Tonen leicht der Fall ist, die üble Eigenschaft, Zink in ziemlicher Menge aufzunehmen.

ist [1]); ferner der bereits erwähnte beste belgische Ton und der schokoladefarbene Muffelton von Jounec in Kroatien. In den Zinkhütten Nordamerikas gelangen zur Anwendung zwei als hervorragend genannte Tone, und zwar in den östlichen Werken ein solcher von Woodbridge bezw. Amboy im Staate New-Jersey nnd in den westlichen der von Cheltenham, 9 km westlich von St. Louis. Als Masse daraus dient ein Gemenge von gleichen Teilen Ton und Schamotte.

Die Anfertigung, sowohl die der Röhren, wie der Muffeln, wird durch offene Formen bewirkt. Auch wendet man eine Bohrmaschine zum Ausbohren eines Vollzylinders oder einer anderen Form an, mit welcher in der 12stündigen Schicht 100—150 Röhren hergestellt werden können.

Nach Teirich [2]) ist eine sehr vorzügliche Maschine, die nicht nur in Belgien bereits vielfache Verwendung gefunden hat, sondern auch an anderen Orten mit Vorteil eingeführt wurde, die weit verbreitete hydraulische Zinkretortenpresse von C. Don [3]), dem verdienten Direktor der großen Fabriken von Ampsin. Hier, wo es durchaus darauf ankommt, eine besondere Dichte der Muffelwand zu erzielen, ist die Anwendung starker Pressung für die plastische Schamottemischung sehr am Platze. Zudem wird damit an Handarbeit gespart und werden die bedeutenden Kosten des Retortenverbrauches infolge der erzielten größeren Dauerhaftigkeit vermindert. Die Maschine ist seit längerer Zeit in der Fabrik von Laminne, in der von Valentin Coy und auf den großen Werken zu Vieille Montagne in Gebrauch.

Nach Kosmann (Verh. d. V. zur Beförderung des Gewerbfleißes 1881, S. 188) ist die Herstellungsweise der Zinkmuffeln in Schlesien, bei welcher in einer Mantelform die hinlänglich weiche plastische Tonmasse mittelst einer Metallplatte (Pilz) von der Hand festgeschlagen wird, gegenüber zu stellen ein C. Wernicke patentiertes Verfahren (No. 11676 vom 8. Februar 1880) zur Herstellung von Muffeln durch Aufstampfen derselben in verkehrter Stellung zwischen Mantel und Kern, nebst Vorrichtungen zur sicheren Feststellung und leichten Entfernung des Kernes. Diese Anfertigungsweise, welcher noch einige erfahrungsmäßige Handgriffe zustatten kommen, hat die Schwierigkeiten, welche bisher der vielfach versuchten Darstellung der dünnwandigen Muffeln zwischen Mantel und Kern entgegenstanden, in einer glücklichen und vollkommenen Weise gelöst. Hiermit ist heute die fabrikmäßige und prompte Anfertigung der Muffeln als gesichert zu betrachten. In der weiteren Behandlung werden die Muffeln in besonders eingerichteten Öfen heftig gebrannt, so daß sie nunmehr transportfähig werden.

Statt der Röhren und Muffeln wendet man auch Retorten an. So hat Paul Heil in Breslau einen Ofen angegeben, welcher eine kontinuierliche und bessere Verwertung der Zinkmenge mittelst Anwendung stehender Retorten bezweckt. Die Retorte hat eine länglich ovale Form und wird an den beiden Breitseiten und an der einen Stirnwand von Gasen umstrichen. Kosmann bemerkt dazu, daß durch diese kontinuierlich arbeitenden stehenden Retorten die bisherigen Schattenseiten der Unterbrechung und des Stillstandes des Betriebes und die damit verbundene Brennstoffvergeudung, Verstopfungen und die Belästigung der Arbeiter vermieden werden. — Dagegen

---

1) Der Verf. Dinglers Journal 1873, 210, S. 115.
2) Dinglers Journal 214, S. 115.
3) Notizbl. 1884, S. 106.

ist ein bereits früher benutzter Kupolofen nach derselben Quelle von wenig praktischem Erfolge für die Zinkgewinnung gewesen. (Dinglers Journal 1888, Bd. 269, S. 398.)

Als Retorten bedient man sich in Amerika und fast durchweg solcher von zylindrischer Form (selten sind solche von rechteckigem Querschnitt). Auch dort werden dieselben meist mittelst Handarbeit hergestellt. Die dabei gebrauchten Hilfsmittel sind: zwei zylindrische Formen aus Eisenblech, deren Weite dem äußeren Umfang der Retorte gleichkommt, während sie, aufeinander gesetzt, deren Höhe ausmachen. Jeder dieser Zylinder ist nach einer Ebene, mit welcher die Achse des Zylinders zusammenfällt, in zwei Hälften geteilt; die beiden Hälften sind durch Scharniere an der einen Seite mit einander verbunden, so daß der Zylinder auf- und zugeklappt werden kann. Ferner hat der Arbeiter zwei hölzerne Werkzeuge, deren eines, keulenförmig gestaltet, zum Feststampfen des Bodens, das andere, in breiter Form, zum Festschlagen der Wände gegen die Form dient. Inbetreff der Ausführung im Einzelnen, des Trocknens, Brennens usw., der Anfertigung der Vorlage vergleiche man Töpfer-Ztg. 1879, S. 337.

Die Röhren. Die Röhre oder der Röhrenofen, welche namentlich in Belgien in Gebrauch sind, hat der Muffel gegenüber den Vorzug der rascheren Arbeit, der viel dichteren Beschickung und des dadurch bedingten geringeren Metallverlustes, da das Destilliergefäß stets am Ende der Destillation mit Zinkdampf gefüllt bleibt. Früher wurden die Röhren wohl in Gipsformen geformt, neuerdings geschieht es aber in Dampfröhrenpressen [1]), welche eine sehr große Produktion gestatten.

Die Engländer wenden ein Walzwerk an, um die gepreßten, noch feuchten Röhren nachträglich noch stärker zu komprimieren [2]), ferner zum Abschneiden der Rohrenden [3]), damit sie aneinander passen oder übereinander greifen.

Auf einer Zinkhütte in Oberschlesien wird die maschinelle Fabrikation der Röhren in folgender Weise betrieben. Aus der recht sorgsam zubereiteten bildsamen Mischung werden zuerst mittelst einer hydraulischen Vorpresse volle Zylinder von 0,3 m Durchmesser und 0,6 m Höhe gepreßt. Diese kommen zur eigentlichen Formpresse, welche aus einem vertikalen Zylinder besteht, der oben offen ist und als Boden ein System von 2 hydraulischen Kolben, einen inneren und einen ringförmigen, jenen einschließenden, hat. Ist der Tonzylinder eingebracht, so setzt man oben auf denselben ein erstes Gußeisenstück, welches das Zieheisen bildet, und dann ein zweites, welches den Boden macht, hierauf läßt man gegen den inneren Kolben Wasser strömen, wodurch er durch die Tonmasse bis zum Zieheisen eindringt, zwischen diesem und dem Boden die verlangten Stücke lassend. Die so vorgeformte Röhre wird dann mittelst des zweiten ringförmigen Kolbens herausgepreßt, um in bestimmter Länge abgeschnitten und in den Trockenraum gebracht zu werden. Auf gleiche Weise wird auch das Pressen der Muffeln bewerkstelligt. (Töpfer-Ztg. 1881, S. 240.)

Sonstige Röhren, welche zu Leitungen und zur Kanalisation dienen, werden nicht selten aus feuerfestem Ton angefertigt. Man verlangt von ihnen

---

1) Dingler Journal 174, S. 282. cf. ferner Töpfer-Ztg. 1873, No. 6. „Ein Gang durch eine englische Tonwarenfabrik."

2) Dinglers Journal 116, S. 93.

3) Ebenda 118, S. 263.

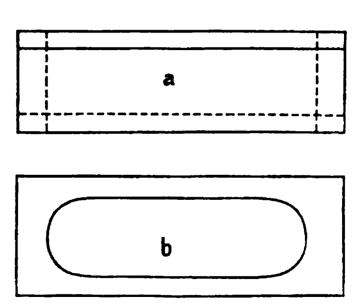
dichte Wandung eine große Festigkeit, und sie sollen einen größeren Druck aushalten. Dieselben werden daher mit großer Sorgfalt aus einer auf einem stark konstruierten Tonschneider präparierten, ziemlich steifen Tonmasse hergestellt.

Muffeln. Die Muffeln stellt man ähnlich wie die Röhren dar. Dieselben werden, wie teilweise schon oben angeführt, in den schlesischen Zinkhütten entweder mit Hilfe von Formen oder mit der Hand aus zusammengefügten Tonplatten, oder mittelst Maschinen (Presse) angefertigt. Außerdem stellen die sogenannten Glühmuffeln, Farbe- und Abrauchmuffeln usw., worin man mit Leichtigkeit eine stets oxydierende Atmosphäre erhalten kann, ein vielen anderen technischen Zwecken dienendes feuerfestes Fabrikat dar, dessen Fabrikationsweise hier angeschlossen werden soll.

Diese Muffeln bilden einen aus feuerfestem Ton (wie auch Eisen) hergestellten halbzylindrischen oder runden hohlen Körper, der hinten geschlossen, vorn offen, oder mit einem in einem Falz ruhenden Deckel verschlossen und unterwärts mit einem flachen horizontalen Boden (Muffelblatt) versehen ist. Das Formen derselben geschah früher stets in einem Stück. Diese Herstellungsweise ist jedoch, sobald die Muffeln bestimmte Dimensionen überschreiten, mit besonderen Schwierigkeiten verknüpft, da größere nicht selten Feuerrisse bekommen, die anfangs wohl ausbesserbar, sich aber bald bei fortgesetztem Gebrauche mehr und mehr erweitern und die Muffel unbrauchbar machen. Ein Ersatz durch neue Muffeln tritt daher oft allzu frühzeitig ein, was die Anwendung der einstückigen Muffel unversehens verteuert. Dagegen ist die Haltbarkeit der mehrteiligen Muffel aus wenigen großen Tonplatten eine weit längere. Ein entstehender Riß ergreift hier nur eine leicht ersetzbare Platte und setzt sich nicht weiter fort. Wenn auch andererseits die einteilige Muffel dem ganzen eine größere Festigkeit gibt und dieselbe mit weniger Mühe und bequemer einzubauen ist, so haben doch in dem großen Fabrikbetriebe die mehrteiligen Muffeln die einteiligen völlig verdrängt, während sich die letzteren für den Gebrauch im kleinen, z. B. für Porzellan und Laboratorien, behauptet haben.

Statt der großen Platten hat man auch viele kleine Plättchen, doch mit ungünstigem Erfolg angewandt.

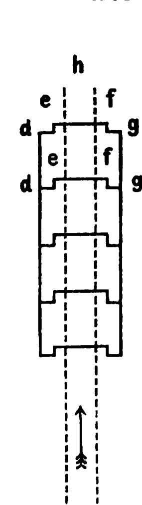
In neuester Zeit ist man denn gewissermaßen wieder auf die geformte Muffel zurückgekommen, hat sich aber dazu eines Formsteins bedient, der alle Teile des Muffelofens, die Muffel, Feuer- oder Flammenraum und Ummauerung zusammen in Einem vereinigt, und wovon mehrere Steine nach und nach aufgebaut werden. Das Verfahren dabei ist folgendes. Die nebenstehende Skizze a veranschaulicht einen Muffelstein dieser Konstruktion, der Grundriß zeigt, wie ein solcher Stein beschaffen ist. Die oblonge Öffnung b geht durch die Dicke des Steines, so daß, wenn man eine Anzahl solcher durchlochten Steine aufeinandersetzt und schichtweise Kante mit Kante abschließt, die Öffnungen eine ununterbrochene Röhre vom untersten bis zum obersten Steine bilden. Man kann diesen Steinen jede beliebige Dimension geben.



Obgleich die Lochsteine im Aufbau und im Betriebe recht bequem sind, so ist doch diese Bauart leicht mit einem Übelstand verbunden. Wenn man nämlich auch bei der Herstellung der einzelnen Schichten der Lochsteine sehr sorgfältig verfahren ist und die einzelnen Steine satt in Schamottemörtel gelegt und die Lagerfugen gut verstrichen hat, so kommt es doch vor, daß während des Brandes sich einzelne Fugen öffnen und Flamme und Rauch in das Muffelinnere entweichen. Die Gefahr hierfür ist umsomehr vorhanden, weil eine solche Muffel eine sehr große Anzahl von Fugen aufweist.

Um auch diesem Übelstande zu begegnen, hat man die bezeichneten Lochsteine mit platten Lagerfugen in solche mit gezackten abgeändert. Die nebenstehende Skizze veranschaulicht diese Konstruktion.

Hierbei werden, wie aus der Skizze ersichtlich, die Lagerfugen der Steine gezahnt und greifen, durch die Linie d e f g dargestellt, die Vorsprünge des oberen Steines in die Vertiefungen des unteren ein; die Steine werden, ebenfalls wie erforderlich, satt in weichen Schamottemörtel gelegt. Die durch die Röhre h aufwärts steigende Flamme findet in dieser Verzahnung beim Bestreben, durchzudringen, ein Hindernis, muß also in der Höhlung verbleiben.



Von diesen jüngsten Muffelanlagen werden nach A. Stiegler, Leipz. Töpfer-Ztg. 1895, No. 44, je sechs nebeneinander unter Benutzung eines einzigen Kamins gebaut. Die Betriebsergebnisse werden dabei als sehr zufriedenstellend bezeichnet.

Was weitere patentierte Neuerungen der Muffelöfen angeht, so sei hier verwiesen auf Dinglers Journal 1895, Bd. 298, H. 2.

Die Größe der bisherigen Muffeln ist außerordentlich verschieden, es finden sich solche vom kleinsten Inhalte für die Vergolder bis zu dem allergrößten in den Fabriken zum Farbeneinbrennen. Oft sind dieselben mehrere Meter lang und hoch.

In Paris (1878) war von Belgien aus eine Glühmuffel von 2 m Länge und einer Wandstärke von 50 mm ausgestellt, welche aus 55 teils geraden, teils im Kreise gebogenen Platten mit Nut und Feder (außerordentlich dicht) zusammengesetzt war. Auch fanden sich daselbst Muffeln, welche zwei übereinandergesetzten Kasten glichen. Der Zwischenraum zwischen beiden Kasten wird von der Flamme durchspült. Dieselben bringen die Wirkung zweier Muffeln hervor.

Die Muffeln werden von außen in einem im Ofen ausgesparten prismatischen, zylindrischen oder rechteckigen Raum, der mit einem Gewölbe überdeckt ist und wobei Boden, Seitenwände und Gewölbe von der Flamme umspült werden, erhitzt; die aufgenommene Wärme erlangen darin befindliche Proben, geschützt vor der direkten Einwirkung der Flamme, hauptsächlich durch Strahlung.

Viel höhere Temperaturen, als die des schmelzenden Goldes oder Kupfers (etwa 1250 ° C) haben die Muffeln nicht auszuhalten. Hervorragend feuerfeste Tone werden daher zur Bereitung der Muffelmasse (die etwas fetter als Kapselmasse sein muß und wozu man je nach dem Tonmaterial auf 1 Maßteil Bindeton 1—2 gebrannten benutzt) nicht gebraucht; es kommt vielmehr darauf an,

solche in einer Schamottemischung zu verwenden, welche Temperaturwechsel, rasche Erhitzung wie Abkühlung, gut verträgt, sich nicht krümmt und keinenfalls bedeutend schwindet. Die Wandungen dürfen nicht zu dick sein, um nicht das Brennen schwieriger zu machen, aber auch nicht zu schwach, da dann das Krümmen und die Zerbrechlichkeit zunehmen.

Die Glühmuffeln läßt man im Ofen etwa auf Traillen ruhen oder befestigt sie nur am Vorderteil an der Ofenwand. Eine sich nicht senkende, ebenso feste als gleichmäßige Unterlage ist eine Bedingung für die größere Haltbarkeit einer sonst guten Muffel, sowie für den Gebrauch ein langsames Anwärmen und Abkühlen. Zur Verhütung des Springens stellt man sie am besten isoliert. Angefertigt werden solche Muffeln unter anderen in Großalmerode, Goslar, auf der Meißner Porzellanfabrik, auf der Stettiner Schamottefabrik usw. Eine eingehende Beschreibung nebst Zeichnung von Muffeln findet sich Töpfer- und Z.-Ztg. 1888, No. 16 u. 17. Eine Muffel mit senkrecht hindurchgeführten freistehenden Feuerkanälen für einen Brennofen zu keramischen Zwecken wurde angegeben von Augustin (Töpfer-Ztg. 1884, No. 37.) Hervorzuheben ist der bekannte Augustinsche Muffelofen mit Kohlenfeuerung, welcher eines der besten Systeme für das Brennen von Glasuren zur Anwendung bringt. Einen Muffelofen konstruierte ferner C. Wetzel in Plauen-Dresden (Wiener Zentralbl. 1897, No. 412.)

Ein vorzüglich bewährter kontinuierlicher rauchloser Muffelofen zum Einbrennen von Schmelzfarben auf Porzellan von der Firma Hutschenreuter in Hohenberg, Bayern, findet sich besbrieben nebst Abbildungen Sprechsaal 1896, No. 18.

Die Muffelöfen, worunter die feststehenden besonders empfehlenswert für Laboratorien sind, mauert man auch aus feuerfesten Steinen auf. Solche Öfen mit größeren Dimensionen dienen für Blei-, Silber- und Kupferproben und haben im allgemeinen die in Kerls metallurgischer Probierkunst, Taf. I, Fig. 4 bis 7 abgebildete Einrichtung bei einer Mauerstärke von etwa 10—15 cm und passender Verankerung. Außerdem gibt es Muffelöfen von verschiedenster Konstruktion, deren Abweichungen hauptsächlich durch die Beschaffenheit des zu Gebote stehenden Brennmaterials bedingt sind. In neuerer Zeit betreibt man sie auch mit Generatorfeuerung. Anzuführen sind die kontinuierlichen Gasmuffelöfen von Mendheim, worin manche schwierige Tonfabrikate sich besser, sicherer und bedeutend billiger als bisher mit Holz in freiem Feuer oder in Kapseln, mit Steinkohlen oder Torf herstellen lassen. (Tonind.-Ztg. 1881, S. 84.) Ferner sehe man eine Zusammenstellung neuer patentierter Muffelöfen Dinglers Journal 1895, B. 298, H. 2.

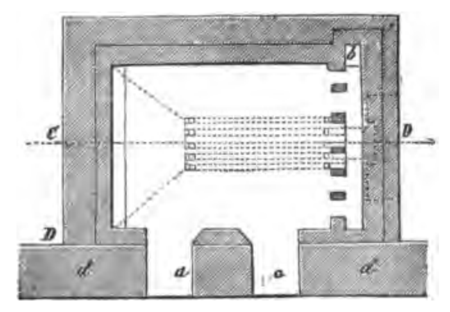


Fig. 59.

Die Dimensionen der Destilliergefäße. Dieselben richten sich nach der Feuerbeständigkeit des benutzten Tones. Dieselben müssen sich

1) cf. Töpfer- u. Ziegler-Ztg. 1882, Nr. 13.

so lange vollständig halten, bis die Reduktion der Zinkerze bis in die Mitte der angewandten Gefäße vorgeschritten ist. Es ist daher bei der Verwendung eines Tones zur Zinkgewinnung vor allen Dingen jene Grenze zu ermitteln, innerhalb welcher ohne Beeinträchtigung der Gefäße die größte Erzmenge darin reduziert werden kann. Dies bezieht sich besonders auf die Breitendimension, welche bei Benutzung des belgischen Tones 15 cm Weite für Röhren und Muffeln beträgt. Die Länge der Röhren, sowie die Höhe der Muffeln hängt ebenso von dem Widerstande ab, den die Tongefäße in der für die Reduktion erforderlichen Hitze einer Ausbauchung entgegenzusetzen vermögen; bei belgischem Ton kann die Höhe der Muffeln etwa 50 cm und die Länge der Röhren etwa 1,10 m betragen. Fig. 59 ist der senkrechte Durchschnitt nach CD, Fig. 60 und 61 der horizontale Durchschnitt nach der Linie AB, Fig. 62, von einem Muffelvorwärmofen von der Hütte zu Borbeck, der aber auch zugleich zum Vorwärmen der Röhren benutzt werden kann. Auf der einen Seite dd hängt er mit der Hüttenmauer zusammen und durch diese gehen die beiden Türen AA, so daß das Eintragen und Herausnehmen der Gefäße von der Hütte aus geschehen kann, während die Feuerung außerhalb derselben bewirkt wird; C ist der zur großen Esse führende Feuerkanal. Die Tongefäße werden direkt aus den Trockenkammern in diese Öfen getragen, welche einen Tag um den anderen ins Feuer kommen, so daß stets einer von ihnen mit Gefäßen gefüllt und langsam bis zum Rotglühen erhitzt werden kann. Zu dem Herde des Zinkofens nimmt man die erste Qualität Schamotteziegel, welche z. B. aus dem besten belgischen Tone hergestellt und möglichst scharf ausgebrannt sind, damit sie auch die nötige mechanische Festigkeit besitzen und nicht mehr erheblich nachschwinden.

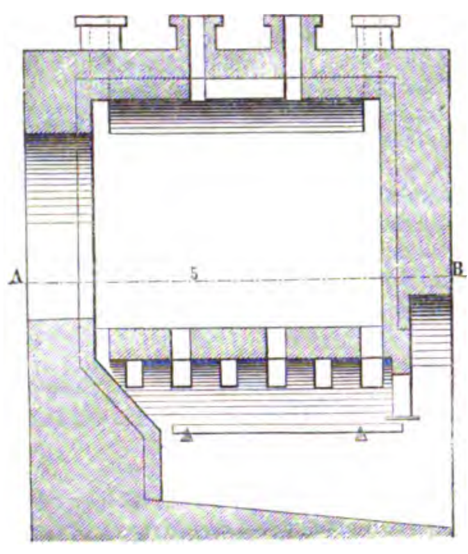


Fig. 60.

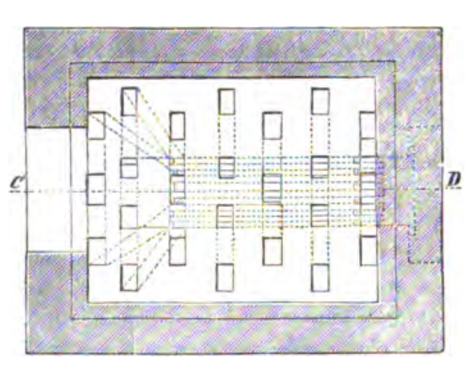


Fig. 61.

Zum Schlusse mögen noch angeführt werden sehr interessante chemische und mikroskopische Untersuchungen mit Muffelmasse, bestehend aus einem fetten und weniger fetten Bindeton, Mirower und Saarauer und gebranntem Schieferton von Neurode i. Schl. Unter dem Einflusse des Destillationsprozesses hatte sich die Tonmasse in Zinksilikate und Zinkaluminate, Zinkspinell, Willemit und Tridymit umgewandelt. Außer unregelmäßiger Tonmasse, Schamotte- und Quarzkörnern zeigten sich Glaseinschlüsse, wenig Zinkspinell, Tridymit und Willemit.

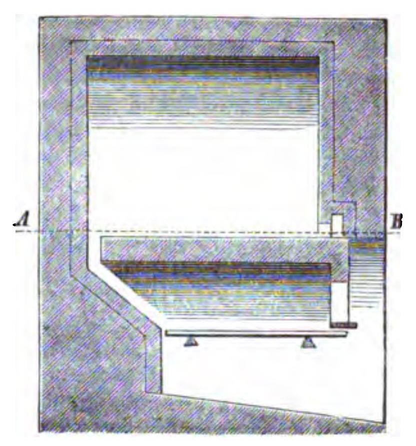


Fig. 62.

In dem tiefblauen stark gebrannten Scherben ist der Ton ganz durch die neugebildeten Mineralien ersetzt. Der Schieferton hatte sich dagegen gut erhalten, seine Strukturverhältnisse waren unverändert, höchstens zeigte die Randzone eine Umwandlung in Spinell. Es scheint demnach, als ob ein geringerer Hitzegrad wohl Zinksilikat, aber nicht mehr die Umwandlung dieses in Zinkaluminat zuwege bringt. Die Erfahrungen sprechen somit dafür, daß ein hoher Tonerdegehalt das Verschlacken der Muffeln verhindert. (Töpfer-Ztg. 1887, No. 45.)

Kapseln.

Die Zusammensetzung der Masse dieser feuerfesten Behälter, worin die feineren Waren: Porzellan, Steingut, Majolika, Terrakotten, Trottoir- und Wandplatten, sowie die besseren Kochgeschirre während des Brandes eingeschlossen werden, muß sich nach der Beschaffenheit der darin zu brennenden Geschirre richten und ist daher bei jeder Art derselben verschieden. Sie soll einen Feuerfestigkeitsgrad aufweisen, welcher der höchsten Temperatur, die selbst bei Unregelmäßigkeiten des Brandes eintreten kann, entspricht, und muß bei Anwendung für Porzellan schwerer schmelzbar als dieses sein. Sie darf nur wenig schwinden, nicht springen und soll häufigen Temperaturwechel, rasches Erhitzen wie Abkühlung vertragen, wozu dann noch ein höherer Brand der fertigen lufttrockenen Kapseln kommen muß, als dieselben später zu ertragen haben. Dabei müssen diese Schutzgefäße die direkte Einwirkung der Flamme, des Rauches, sowie der Flugasche aushalten, große Festigkeit besitzen, um das Abmeiseln angebackener Schlacke zu gestatten, und dürfen, indem sie das Gewicht einer ganzen Säule zu tragen haben, weder erweichen, noch bersten. Nach Strele braucht man z. B. zum Brennen eines Gewichtsteiles Porzellan ungefähr 16 Gewichtsteile Kapseln und Unterlagen. Der diesen keineswegs geringen Anforderungen entsprechende Ton verlangt zugleich eine billige Herbeischaffung desselben als ein notwendiges Erfordernis. Die Kapselmasse darf zudem verknisternde, abspringende oder gar ausfließende Teile nicht enthalten, wodurch die Glasur der Geschirre verdorben wird. Schlechte Kapseln sind von sehr großem Einflusse auf die Vermehrung des

Ausschusses. Der Beschaffung guter Tone und deren zweckdienlichster Verarbeitung ist daher alle Sorgfalt zuzuwenden.

Im allgemeinen werden die Kapseln aus einem plastischen, feuerfesten Ton (der zu den hervorragend schwerschmelzbaren gehören muß) mit einem möglichst großen und bei fetten Tonen oft recht bedeutenden Zusatz gröblich gemahlener Schamotte von gebrauchten Kapseln angefertigt. Die Kapselmasse muß, entsprechend dem bekannten physikalischen Hauptgrundsatz, durchaus gleichartig sein, also in jedem Teile das gleiche Verhältnis von Ton und Schamotte enthalten, was nur durch tunlichst regelrechte Mischung dieser Gemengteile zu erreichen ist. Bei der Bearbeitung der Masse wie beim Formen ist ebenso streng darauf zu sehen, daß partielle Ungleichheiten, wie schroffe Übergänge vermieden werden. Eine größere Porosität der Kapseln sucht man zu erzielen durch einen Zusatz von Sägemehl (Kohlenpulver ist jedenfalls vorzuziehen) zur Kapselmasse, das sich im Feuer herausbrennt, sowie durch Aussieben des feinsten Schamottemehls. Eine und namentlich stellenweise zu große Dichte des Scherbens hat den bekannten Nachteil, daß an den dichteren Stellen die Wärmeleitung eine schnellere ist als an den mehr porösen und dadurch an der wärmeausstrahlenden Stelle eine schnellere Zusammenziehung der erkaltenden Kapseln eintritt als dort, wo die Wärmeausstrahlung geringer ist. Nie zu umgehen ist die Verwendung von Kaolin, am besten von Rohkaolin.

Zu Sèvres besteht die Porzellankapselmasse nach Knapp aus 2 Teilen plastischem Ton und 3 Teilen Kapselscherben oder für letztere aus einem Gemenge von gleichen Teilen Quarzsand und Scherben; in Meißen aus 3 Teilen Ton und 2 Teilen Schamotte; in Berlin aus 2 Teilen Ton und 1 Teil Schamotte. Dieselben haben je nach der Beschaffenheit des plastischen Tones eine verschieden lange Dauer und geben nach jedem Brande mehr oder weniger Bruch. Mit Vorzug werden zu Kapseln gewisse quarzreiche Rohkaoline, wie sie bei Karlsbad[1]) und anderwärts, z. B. Etterzhausen und Tirschenreuth in Bayern usw., vorkommen, verwendet.

Eine Mischung zu Kapseln, deren sich eine westfälische Porzellanfabrik bedient, wird zusammengesetzt aus 4 Teilen feinkörnigem, magerem kaolinartigem Ton, 4 Teilen Schamotte von mittlerem Korn und 1 Teil fettem feuerfesten Ton. Von F. Herger werden als erprobte Mischungen in Maßteilen angegeben: 8 fetter feuerfester Ton von Salzmünde und 10 Schamotte, Linsengröße, oder 2 Kapselton von Grünstadt und 3 Schamotte, Linsengröße, oder 1 Kapselton aus Nassau und 2 Rohkaolin. (Leitm. C. A. 1896, No. 8.)

Nach dem Sprechsaal 1898, No. 19, gilt als zuverläßiger Kapselversatz ein Gemenge aus 30 Gewichtsteilen Sischwitzer Ton, 25 Rohkaolin und 55 feingemahlener Schamotte, welches vor der Anwendung gesumpft wird.

---

2) Die böhmische, Schlaggenwalder Porzellankapselmasse besteht nach einer Analyse von Czjzek aus 78 Proz. Kieselsäure und 18 Proz. Tonerde (Dinglers Journal 162, S. 123). Nach mitgeteilter Analyse besteht die Kapselmasse von Tirschenreuth, sowie die von Altwasser aus:

	T.	A.
Tonerde . . .	25,18	30,26
Kieselsäure . .	72,34	66,89
Magnesia . . .	0,30	0,17
Kalk.	0,49	0,84
Eisen	1,05	2,08

Die einfachen zylindrischen oder ovalen Kapseln, für deren Form das bereits angedeutete Prinzip gilt, daß das Verhältnis der Maße der Kapsel zu dem darin gebrannten Geschirr ein möglichst ökonomisches sei, werden aus geschlagenen oder gewalzten Blättern über einer Trommel geformt, wie Fig. 63 zeigt. Diese englische Methode hat nach Tenax die Vorzüge, daß man die Kapselmasse dabei nicht so weich verarbeitet wie beim Freidrehen auf der Scheibe und außerdem die Herstellung der Blätter noch eine weitere tüchtige Verarbeitung des Tones bedingt, welche die Gleichmäßigkeit der Mischung erhöht, wodurch die Kapseln beim Trocknen und Brennen ihre Form behalten.

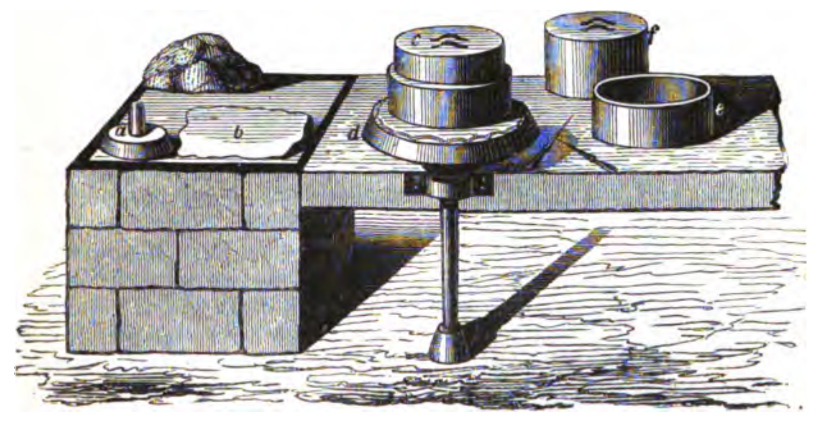


Fig. 63.

Die sorgfältig getretene oder wiederholt geknetete Masse wird auf einen Steintisch, auf dem zwei Leisten von der Dicke des zu erzeugenden Blattes befestigt sind und der mit Schamottemehl übersiebt ist, mit dem Schlägel a zu einem flachen Lappen b von der Stärke des Kapselbodens ausgetrieben und dieser auf die Handscheibe d gelegt. Auf denselben stellt man die hölzerne Trommel c und legt um diese einen Lappen von der Größe, daß seine Breite der Höhe, seine Länge dem Umfange der Kapsel entspricht. Durch sorgfältiges Andrücken werden zunächst die beiden Ränder des Lappens vereinigt und bilden dann einen runden oder ovalen Ring. Darauf nimmt man den überragenden Teil des Bodens in die Höhe und drückt ihn gegen die durch den Ring gebildeten Seitenwände, während man mit der linken Hand die Handscheibe bewegt, um der rechten alle Teile zuzuführen. Diese Handscheiben, die sehr vielfach gebraucht werden, haben im wesentlichen dieselbe Konstruktion wie die Drehscheiben; sie haben oben eine Platte, die auf einer vertikalen, drehbaren Spindel befestigt ist, es fehlt natürlich die Tretscheibe. e ist die fertige Kapsel, f die Trommel, über welche sie geformt wurde. Nachdem die Kapseln angetrocknet sind, bringt man sie auf die Handscheibe zurück und sucht sie durch Schlagen möglichst zu verdichten, indem man ein Brett von der inneren Form der Kapsel an einem Griff hinein hält und gegen die Wand drückt, während man von außen anhaltend gelinde Schläge mit einem hölzernen Hammer gegen die von dem Brette innen unterstützte Wand führt. Kapseln von geschweifter Form werden über Gipsformen auf der Dreh-

scheibe aus Lappen geformt und mit der Schablone abgedreht. Die fertigen Kapseln sind recht allmählich zu trocknen, weshalb ein Trocknen an freier Luft und der Gebrauch, eine größere Menge roher Kapseln stets vorrätig zu halten, sich empfiehlt. Beim Brennen sind dieselben vor zu jäher, wie ungleichmäßiger Stichflamme zu bewahren. In Fabriken mit großen Tonschneidern preßt man jetzt die Kapselblätter direkt, indem man an dem Tonschneider die gewöhnliche Strangform durch eine passende Blatt- oder Plattenform ersetzt und die geforderte Blattlänge durch den Schneidapparat abschneidet. Bei kleineren Kapseln schneidet man die Böden auch aus einem Strange oder wenigstens die Platten dazu. Die Ton- oder Ton-Schamotteplatten werden gleichfalls aus Kapselmasse, meist allerdings mit feinerer Schamotte hergestellt.

Kapselpresse. Empfohlen wird im Sprechsaal (1883, S. 553) eine patentierte recht leistungsfähige und in mehreren Porzellanfabriken eingeführte Kapselpresse (Figur 64). Dieselbe, sich stützend auf neueste Verbesserungen und Erfahrungen, liefert täglich 3 bis 500 Kapseln oder Kapselringe jeder Höhe und von jedem Durchmesser bei einer Bedienung von 2 Mann.

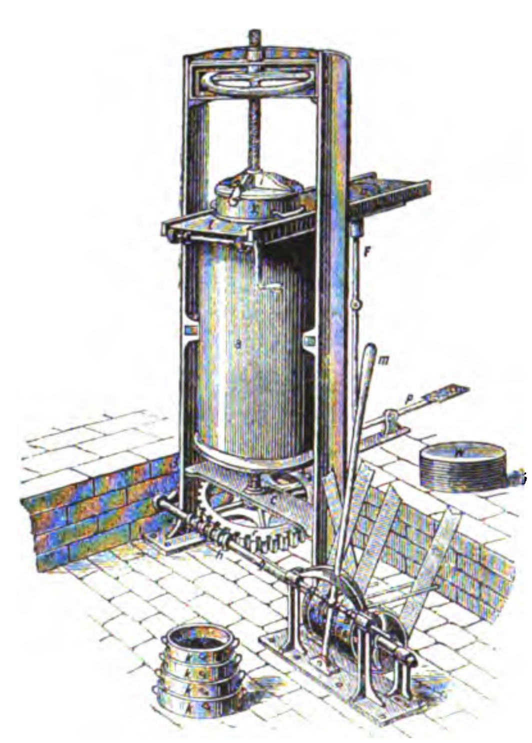


Fig. 64.

Die Maschine hat das System der Röhrenpressen zur Grundlage; sie ist mit verschiedenen sinnreichen Vorrichtungen versehen, welche sie in den Stand setzen, eine Kapsel tadellos herzustellen. Die Erfinder und Erbauer sind Könitzer und Reißmann in Saalfeld in Thüringen. Auch fertigt die genannte Firma Handpressen für kleine Kapseln an. In neuerer Zeit wendet man auch automatische Kapselpressen an.

Statt der Kapseln bedient man sich häufig der einfacheren und weniger Raum einnehmenden, aber leichter verziehbaren Koker, unten und oben offene Tonzylinder, welche aufeinander gestellt und mit Ton verschmiert werden. Sie bilden eine hohle Säule, die nur am oberen und unteren Ende geschlossen ist. Als Mittelglied zwischen Kapseln und Koker fertigt man solche an mit losem Boden, den man alsdann, geschützt vor dem direkten Feuer, auf einem unteren Vorsprunge der senkrechten Kapselwandung ruhen läßt. Ferner benutzt man statt der runden Kapseln solche mit fünfseitigem, auch

viereckigem Querschnitt mit und ohne Boden, sowie doppelte (für Teller), enge zylindrische Röhren (für Tassen), und hat man sogar durchsichtige Koker hergestellt. (F. Herger, Spezielle Kapselkonstruktion, Leitm. Centr.-Anz. 1895, No. 22, und 1896, No. 8—10). Die am meisten verbreitete Kapselpresse ist die Spindelpresse und neuerdings auch die Kniehebelpresse von Wicher. (Sprechsaal 1902.)

Gasretorten.

Allgemeines. An die Gasretorten, diese in mehrfacher Beziehung wichtigen Behälter, in denen das Leuchtgas durch Erhitzen der Kohlen unter Abschluß der Luft gewonnen wird, werden von der Praxis mehrfache Anforderungen gestellt. Neben genügender mechanischer Festigkeit und äußerer, wie besonders innerer Glätte ist darunter als erstes Erfordernis zu bezeichnen die Widerstandsfähigkeit gegen raschen Temperaturwechsel.

Der verlangte Grad der Schwerschmelzbarkeit ist gewöhnlich kein so bedeutender, und sind etwa sich einstellende Undichtheiten nicht so gefährlich, als sie erscheinen. Kleine Rißchen in den Retorten setzen sich sehr bald durch den bei der Gasbereitung sich ausscheidenden Graphit zu, lassen sich auch verkitten [1]) und können sogar zur besseren Ertragung jäher Temperaturdifferenzen günstig mitwirken.

Was die in den Gasretortenöfen herrschenden und die für das feuerfeste Material maßgebenden Temperaturen angeht, so ist nach Liegel (Vortrag, Sitzungsberichte des Vereins zur Beförderung des Gewerbfleißes, Berlin 1879, S. 196) zur Erzeugung des Leuchtgases eine Hitze von rund nur 1000 ° C erforderlich und beträgt nach vielfachen Versuchen die Verbrennungstemperatur bei gewöhnlichen Rostfeuern 1400 ° C, während die durchschnittliche Temperatur in den Koksgeneratoren der Leuchtgasöfen zu 2300 ° C (eine Temperatur, deren enorme Höhe zu bezweifeln ist) angegeben wird. Man vergleiche oben Einleitung zur pyrometrischen Untersuchung.

Am bedeutendsten ist der Hitzegrad an einzelnen Stellen der zur Erhitzung der Gasretorten dienenden Koksfeuer, wie besonders der Liegelschen reinen Teerfeuer, wobei das erst in neuerer Zeit erkannte Prinzip gilt, je heißer man die Öfen, entsprechend dem Material, der Gaskohle gehen läßt, um so größer ist die Ausbeute und um so vorteilhafter der Betrieb für dieselbe Zeiteinheit. Liegel beseitigt bekanntlich in seinen epochemachenden Öfen, bei denen der Feuerungsraum sich treppenförmig unten zu einer Rostspalte, dem Schlitze verengt, die Brennmaterialienschlacke durch Schmelzen, d. h. selbsttätiges Abfließen. An die sogenannten Schlitzsteine wird dabei anfangs eine recht hohe Anforderung in pyrometrischer Beziehung gestellt, wenn auch späterhin gewissermaßen Schlacke auf erstarrter Schlacke schmilzt; dagegen kommen die Wände der Feuerungen mit flüssiger Schlacke nie in Berührung.

Nach Bestimmungen von Heintz mittelst Silber und Gold in besonderem Schamotteofen, sowie mit Hilfe der Segerschen Schmelzkegel in Hängeschalen betrug die Temperatur in den Saarauer Retortenöfen der Kulmitzschen Gasanstalt nach viermaliger Ladung in zirka 3 Stunden 960 ° (Silberschmelz-

---

1) Ein derartiger Kitt besteht aus 5 Teilen Schamottemehl, 5 Teilen Glaspulver und 1 Teil Borax; er wird aufgestreut oder verschmiert. (Dingler Journ. 210, S. 80.)

hitze) und wurde erst in $5^1/_2$ Stunden 1075° (Goldschmelzhitze) erreicht. Dabei beobachtete man auch die Ofenhitze. Auf halber Retortenlänge, 1,4 m über Ofenflur und Feuerrost, zirka 37 cm von den Metallbestimmungen entfernt, schmolz Segers Kegelnummer 12 nicht, dagegen war No. 10 völlig geschmolzen und No. 11 begann zu schmelzen. Nach den Annahmen Segers war demnach in dem Retortenofen die Temperatur von 1400° C überschritten. Gemäß den Angaben von Schilling und Bunte beträgt die Temperatur in den Münchener Generatoröfen 12—1400° C.

Die Retorten sollen ferner weder wachsen, noch schwinden, was beides, wenn es eintritt, als ein Fehler in der Herstellungsweise anzusehen ist.

Herstellung der Masse. Als zuzusetzendes Magerungsmittel wird für einen gut (reichlich) bindenden, aber keinenfalls allzu sehr schwindenden feuerfesten Ton (dessen hohe Schwerschmelzbarkeit, wie schon angedeutet, von geringerer Bedeutung ist) nur Schamotte [1]), gewöhnlich Kapselscherben, genommen.

Analysen der Gasretortenmasse finden sich in der Literatur nicht und vermag der Verfasser nur eine ihm mitgeteilte anzuführen von einer Gasretorte aus Witten in Westfalen. Darin wurde gefunden 27,60 Tonerde, 0,12 Magnesia, 0,65 Kalk und 1,47 Kali. Die Menge der sich aus der Differenz ergebenden Kieselsäure ist bedeutend, während die der Flußmittel recht mäßig erscheint.

Etwaige Unreinigkeiten im Ton, besonders Schwefelkies oder Eisenoxyd, müssen mit größter Sorgfalt vermieden und vorkommendenfalls der Ton Stück für Stück ausgesucht werden. Der Ton wird alsdann getrocknet und gemahlen, von dessen Bindevermögen, wie auch zum Teil von der Beschaffenheit des Schamottekorns das Verhältnis des Schamottezusatzes abhängig ist. Dasselbe ist so zu wählen, daß das Gemenge noch einen ausreichenden Grad von Bildsamkeit besitzt.

Als normales Verhältnis gilt auf 1 Maßteil fetten Ton $1^1/_2$ und bei den allerfettesten Tonen selbst bis zu 2 und selten mehr Teilen Schamotte. Die Erfahrung muß hier für jeden Ton das Maß angeben. Ein zu fetter Scherben ist dem Schwinden und Reißen ausgesetzt, ein zu magerer gibt nicht die durchaus nötige Festigkeit, außerdem tritt alsdann der Nachteil ein, daß beim Betriebe die Heizung infolge Verringerung der Fähigkeit der Masse, die Wärme zu leiten, kostspieliger wird. Die reichlich grobe, bis linsen- und selbst bohnengroße (das sehr grobe Korn unterstützt physikalisch die Haltbarkeit) Schamotte muß heftig genug, in heller Rotglühhitze, und gleichmäßig und möglichst frei von Verunreinigung durchbrannt sein, doch muß sie sich noch immer einsaugend verhalten. Das Brennen des hart getrockneten und bereits kantig gekörnten Tones in Kapseln ist zu dem Zwecke besonders zu empfehlen, wenn man nicht Retorten- oder Kapselscherben benutzt. Zur Herstellung einer möglichst steifen und durchaus gleichmäßigen Masse behufs vollständiger Verteilung des Bindetons und Wassers müssen, wie beschrieben, die am besten erst trocken gemischten Gemengteile nach Anfeuchtung und längerem Liegenlassen, auch wohl Einsumpfung, wiederholt (2—3mal) durch den Tonschneider gehen. Man kann die Masse alsdann direkt zur Fabrikation ver-

1) Eine Beimengung von freiem feinkörnigen Sande ist wegen der dadurch herbeigeführten Neigung der Masse zum Reißen beim Anwärmen und Abkühlen zu vermeiden.



wenden; besser ist aber ein vorheriges Durchtreten mit den Füßen in regelmäßiger und wiederholter Weise. Der so vorbereitete Ton wird an einem kühlen Orte gelagert und von da in das Formlokal gebracht, wo er zuerst noch in große viereckige Klumpen geformt, tüchtig eingeschlagen und mit einem Holzschlägel bearbeitet wird, um alle Luftblasen (wodurch Klüfte, Glitschflächen, Schründe, Höhlungen entstehen) zu entfernen. Zum Austreiben der Luft werden auch wohl die Klumpen in eine Menge kleiner Stücke geschnitten, diese mit großer Heftigkeit auf eine Gußeisenplatte geworfen und dabei wieder ein Ballen gebildet, indem man nach jedem Werfen mit dem Finger über die entstandene Fuge hinfährt. Es wird damit die höchste Homogenität erreicht. In jedem Falle sucht man stets die Masse besonders steif zu erhalten, weil eine solche weniger Trockenwärme braucht, weniger schwindet und sich schärfer formen läßt.

Für die Retortenmasse liebt man ein Gemenge aus verschiedenen Tonen. So verwendet die rühmlichst bekannte, auf dem Kontinente größte und über 8000 Stück jährlich produzierende Stettiner Schamottefabrik gebrannten böhmischen wie englischen Schieferton, Kaolin- und nassauischen Ton [1]).

Anfertigung. Die Retorten werden entweder aus der Hand durch allmählichen Aufbau der Tonwände über Holzleeren (in Deutschland) oder durch Preßmaschinen (in England und Amerika) geformt.

Nach Heintz (Tonind.-Ztg. 1879, S. 352) ist es, abgesehen von dem fraglichen pekuniären Vorteil, zweifelhaft, ob die Maschinenarbeit hinsichtlich der Qualität Vorzüge bietet. Eine größere Ungleichmäßigkeit ist dabei zu befürchten. Dazu kommt die außerordentliche Mannigfaltigkeit der gebräuchlichen Dimensionen der Retorten. Jedenfalls ist andererseits die Produktion mittelst Maschinenformung eine ganz ungleich raschere; sie setzt aber notwendig, abgesehen von den sehr hohen Anschaffungskosten einer solchen Maschine, eine ebenso sachkundige, als völlig ausreichende Vorbereitung der Masse voraus.

Formen. Die angewendeten Formen sind sehr verschieden. Am meisten üblich sind die im lichten Querschnitt ovalen und die ⌂-Formen, seltener sind sie rund oder auch viereckig mit abgerundeten Ecken. Heintz nimmt zur Zeit für 100 Gasanstalten wohl 90 verschiedene Retortenfassons an.

Man benutzt eine Form aus zwei Teilen: aus einem inneren, der Retorte gleichenden Kern, und einem äußeren, aus mehreren Teilen bestehenden Mantel. Der unterste Teil des Mantels wird zuerst auf eine Unterlage gestellt. In diesem unteren Teile wird der Boden der Retorte 12 cm stark festgestampft. Sodann wird der Kern, den man mit nassen Tüchern umwickelt, eingesetzt und um diesen und zwischen den Wänden des Mantels die Wände der Retorte (6 cm stark) festgestoßen. Ist der untere Teil des Mantels fest und vollgestampft, so wird das zweite Mantelstück genau auf das erste gepaßt und die leeren Räume zwischen diesem und dem Kerne höher hinauf festgeschlagen. Ist auch das zweite Formenstück mit Schamottemasse festgestampft, so wird das dritte Formenstück um den Kern und genau auf das zweite Formenstück gepaßt und vollgeschlagen. Besonders die inneren Flächen müssen wiederholt und mit dem allergrößten Fleiße geglättet werden, wovon die mehr oder weniger schwierige Entfernung des Graphits sehr abhängt [2]). Das oberste

---

1) Man s. die lesenswerte Abhandlung „Die Fabrikation von Gasretorten" von Seger (Gesammelte Schriften 1895, H. 16.)

2) Geith in Coburg, einer der bedeutendsten Gasretortenfabrikanten, hebt

Formenstück hat aber 6 cm von seinem oberen Rande eine nach außen gehende Ausbuchtung von der Wandstärke der Retorte, so daß, indem das Ausstampfen der Formstücke bis an den Rand fortgesetzt wird, die Retorte 6 cm von ihrem obersten Rande doppelte Wandstärke (12—15 cm) erhält. In diesen Teil werden mit einem Dorne die Löcher für die Bolzen der Retortenbügel gemacht. Es geschieht dies, ehe die Retorte aus der Form genommen wird. Auch wendet man Retortenformen an, welche nur aus einer aus sechs Formenstücken zusammengesetzten äußeren Form bestehen. Diese hat innen ganz die Gestalt, welche die fertige Retorte außen erhält. Die Seitenwände stampft man, von innen nach außen schlagend, der Form gemäß fest.

Die Retorte bleibt 3—4 Tage in der Form. Von dem Herausnehmen aus der Form bis zum Einstellen der Retorten in den Brennraum vergehen 6—8 Wochen. Sie werden hierauf geglättet und fertig gemacht und wird alsdann das Lokal, das eine gut eingerichtete unterirdische Heizung und kräftige Ventilation haben muß, ganz langsam angefangen zu heizen und nach und nach circa 4 Wochen mit größter Vorsicht eine höhere Temperatur bis zur vollkommensten Austrocknung der Retorten gegeben. Hierauf kommen die Retorten auf eigens dazu konstruierten Wagen liegend oder besser aufrecht stehend in den Verglühraum. In einem gewöhnlichen runden Porzellanofen oder auch in viereckigen oder länglich viereckigen Öfen werden die Retorten, 8—10 und selbst 36 Stück, aufrecht in den Brennraum gebracht und mit Schamottesteinen umgeben heftig gebrannt [1]). Sie bleiben 8—10 Tage im Brand. Sowohl Anfeuern wie Abkühlung muß mit der größten Vorsicht gehandhabt werden.

In England fertigt man die Gasretorten aus derselben Masse wie die feuerfesten Steine und gleichfalls durch Einstampfen in Formen. Man bildet zuerst den Boden, setzt darauf einen mit Leinwand überzogenen Kern und darum eine aus einigen Dauben zusammengesetzte Form, welche durch eiserne Reifen und Schrauben zusammengehalten und ebenfalls mit Leinwand ausgekleidet wird. In die dadurch gebildeten Zwischenräume wird nun das schwach angefeuchtete Tongemenge fest eingeschlagen, so daß dadurch eine solide Wand gebildet wird. Sobald auf diese Art ein etwa $^2/_3$ m hohes Stück fertig geworden ist, wird Mantel und Kern beseitigt und das erhaltene Stück, wie später beschrieben, erst erhärten gelassen, damit es durch die Last der oberen Schicht nicht zusammengedrückt wird. Ist dies geschehen, so wird ein neuer, höherer Kern eingesetzt, ein neuer Mantel umgelegt und, wie oben, fortgefahren, bis die Retorte die nötige Länge erhalten hat. Dieses Trocknen von unten herauf wird sehr wesentlich dadurch befördert, daß der Raum, in dem die Retorten stehen, durch Kanäle unter dem durchbrochenen Fußboden

---

in einem Vortrage über denselben Gegenstand diesen Punkt als gewichtiges Ziel hervor, wie ferner die wünschenswerte Aufgabe der Herstellung von Retorten mit viel dünnerer Wand, die nur einen dichten und kompakten Scherben hat und infolge dessen sich erheblich leichter und mit Brennmaterialersparnis auf einen höheren Temperaturgrad bringen läßt als die bisherigen, immerhin noch dickwandigen und porösen Retorten. (G. von Werken, das Ganze der Ziegelfabrikation, S. 205.)

1) In der Porzellanfabrik von Schomburg in Moabit bei Berlin werden sie aufs heftigste gebrannt in dem Glutfeuer des Porzellanofens, wodurch sie viel haltbarer sein sollen. Selbstredend, worauf oben bereits hingewiesen wurde, ist es notwendig, die Retorten in höheren Hitzegraden als denjenigen, denen sie ausgesetzt werden, zu brennen.



geheizt wird. Ist die Retorte vollständig ausgetrocknet, so wird sie vorsichtig auf einem mit Strohmatten bedeckten Wagen umgelegt und auf diesem in den Brennofen eingefahren, welcher rund und in vielen Beziehungen einem Porzellanofen ähnlich ist.

Auf einem bekannten deutschen Werke nimmt man die stark schamottehaltige Masse, bestehend aus grobem, kantigem Korn nebst Schamottepulver, so steif, daß sie eben noch Eindrücke mit dem Finger annimmt. Diese wird alsdann mit schweren eisernen Keulen gleichsam wie Metall ausgetrieben und kräftigst eingeschlagen in die Form, ein äußerer Mantel und innerer zerlegbarer Kern. Zur Anspornung erhält der Arbeiter für jede völlig untadelhafte Retorte eine Prämie.

Nach Lürmann in Osnabrück (D. R.-P. No. 9062) werden Gasretorten aus feuerfesten Steinen gewöhnlichen oder kleineren Formats aufgemauert. Diese Steine sind ohne Nut und Feder und werden hochkantig vor einander gesetzt. Je zwei Lagen Steine werden durch eine Strebemauer, ebenfalls aus hochkantigen Steinen desselben Formats untereinander und gegen das Ofen-Mauerwerk abgestützt. (Tonindustrie-Ztg. 1880, No. 24.) In England (Dinglers Journal 167, S. 158) werden auch aus Dinasmasse Gasretorten dargestellt.

Glasieren. Das Glasieren [1]) der Retorten geschieht entweder mit Kochsalz oder mit der schwerschmelzbaren und gegen reduzierende Einflüsse unempfindlichen Spat- oder Granitglasur und ist der leichten Reduzierbarkeit wegen die Bleiglasur gänzlich zu verwerfen. Man nimmt Granit oder ein Gemenge von gewöhnlichem Feldspat, Feuerstein und einen kleinen Gipszusatz, mahlt die Materialien auf einer Glasurmühle auf das feinste, macht sie mit Leimwasser an und breitet sie mittelst eines langhaarigen Pinsels oder auch der Hand auf der mit Filzscheibe und Stahlplatte gut geglätteten Retortenfläche unmittelbar vor dem Einsetzen in den Retortenofen aus.

Auch setzt man dem genannten Gemenge noch etwas Kryolith hinzu, was zur größeren Haltbarkeit der Glasur beiträgt; jedenfalls aber muß die Zusammensetzung der Glasur so gewählt sein, daß die im Brennofen erreichte Temperatur möglichst genau mit der Schmelztemperatur der Glasurmasse zusammenfällt. Ferner, was die Erzielung einer tunlichst fehlerfreien Glasur angeht, so ist die Glasurmasse in ihrer Zusammensetzung der des Scherbens so weit anzupassen, daß beide denselben Ausdehnungskoeffizienten zeigen, worüber wir Seger eine recht verdienstvolle Arbeit verdanken. Bestimmte Regeln lassen sich dabei nur mit Bezug auf die bekannten Eigenschaften des Materials geben.

Hecht legt ein großes Gewicht auf die Art des Auftragens der Glasurmasse und empfiehlt, dieselbe nicht aufzupinseln, sondern mit einem Zerstäuber in dünnen Lagen aufzuspritzen, was je nach dem Antrocknen wiederholt vorzunehmen ist. Auch stellte er eine Reihe von Versuchen an zur Ermittlung der Beziehungen zwischen verschiedenartig zusammengesetzten Porzellanmassen und Glasuren, wobei gefunden wurde, daß z. B. leichtflüssige Glasuren von der Zusammensetzung des Segerschen Kegels 4 auf Massen mit plastischen Tonen im allgemeinen sich besser halten als auf Massen mit Kaolinen; dagegen hielten

1) Ein Glasieren und selbst Emaillieren der Retorten ist im wesentlichen nur für die erste Zeit zur leichtern Entfernung des Graphits oder bei sonst kleinem Betrieb von Wert; die Empfindlichkeit gegen Temperaturwechsel nimmt damit jedenfalls zu.



sich schwerschmelzbare Glasuren von der Zusammensetzung des Kegels 10 mit größerer Sicherheit sowohl auf der Ton- wie Kaolinmasse. Andererseits ergab sich, daß die bezeichnete leichtflüssige Glasur bei einer Brenntemperatur des Kegels 10 sich haarrissig zeigte. Wurde aber dem Kegel 10 Glasur bei Kegel 15 aufgebrannt, so haftete sie auf allen Schamottemassen haarrissefrei und lief auch nicht ab. Ferner fand Hecht unter den verschiedenen gleichlaufenden Mischungen die mit Ton und Quarz als die leichtschmelzbarste, dann folgte die mit Quarz und Feldspat und dann die nur mit Feldspat versetzte Mischung des reinen Kaolins (Zettlitzer). Bemerkenswert war dabei, daß der Kaolin mit 15 Proz. Feldspat noch recht hoch schwerschmelzbar war, während der gleiche Quarzgehalt den Kaolin leichter schmelzbar machte. Die flußmittelhaltigen Massen sintern dabei früher als die quarzhaltigen. (Tonindustrie-Ztg. 1896, No. 26.)

Wird das Glasieren nur auf der grünen Retorte vorgenommen, nicht nach vorherigem Brennen, so ist allerdings die Glasur von um so geringerer Haltbarkeit und kürzerer Dauer; doch verteuert das zweimalige Brennen die Kosten wesentlich.

Schrägliegende Retorten. Die früher vielfach gemachten, aber mißlungenen Versuche mit schiefen Retorten wurden im letzten Jahrzehnt wieder aufgenommen durch den Gasingenieur A. Coze in Rheims und die Stettiner Schamottefabrik, wobei in gemeinsamer Arbeit jetzt sehr befriedigende Resultate erzielt worden sind.

Die Retorten liegen in einem Winkel von 30 Grad und ermöglichen dadurch ein mechanisches Füllen und Entleeren derselben. Die Herstellung der Retorten ist ihrer größeren Länge wegen, circa 3,60 m, sowie der schrägen Köpfe wegen mit größeren Schwierigkeiten verbunden; dieselben stellen sich daher teuer, doch gleicht sich dies durch die größere Haltbarkeit derselben reichlich aus, weil sie keinen Graphitansatz zuläßt. Die schräg- oder schiefliegende Retorte ist wohl als die Retorte der Zukunft anzusehen, da sie die Gasproduktion verbilligt und dem Arbeiter das ihn aufs äußerste anstrengende Ziehen des heißen Koks abnimmt.

In Deutschland haben bereits die Gaswerke der Städte Berlin, Dresden und Chemnitz diese Neuerung eingeführt. Ferner ließ die Stadt Cassel ihr neues Gaswerk durch die Stettiner Schamottefabrik[1]) nur mit schrägliegenden Retorten versehen.

Die am häufigsten angewendeten Formen der Retorten mögen hier folgen.

Die Maße im Lichten sind:

	Breite	Höhe		Breite	Höhe
No. 1.	52,5 cm	38 cm	No. 5.	52,5 cm	36,5 cm
„ 2.	52,5 „	31 „	„ 6.	52,5 „	31,5 „
„ 3.	47,0 „	38 „	„ 7.	47,0 „	35,0 „
„ 4.	43,0 „	35 „	„ 8.	47,0 „	31,5 „

Länge: 2,45; 2,60; 2,75 m für alle Nummern gleich.

1) Das Modell einer solchen Retortenofenanlage befand sich auf der Pariser Ausstellung 1900. (Tonindustrie-Ztg. 1900, No. 66 und 102.) Auch auf der bereits mehrfach erwähnten Düsseldorfer Ausstellung zeigte die bez. Fabrik außer dem Modell eines für Gaserzeugung bestimmten Retortenofens verschiedenartige Retorten, Normal- und Formsteine usw. (Ziegel u. Zement 1902, No. 20.)

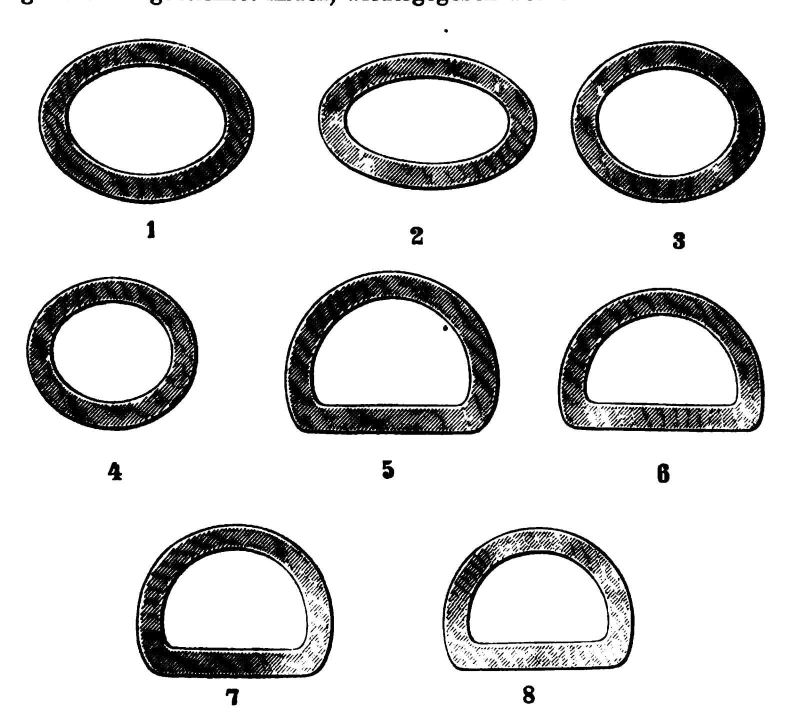


Retortenöfen. Hinsichtlich der verschiedenen angewendeten Retortenfeuerungen, und zwar der neueren, lassen sich kurzweg vier Arten, deren Abweichung untereinander durch die Namen der Erbauer bezeichnet werden, unterscheiden:

1. Retortenöfen mit Gasfeuerung (Müller und Eichelbrenner, Liegel, Langner und Walcott);
2. Retortenöfen mit Regenerativfeuerung (Haupt und Mendheim);
3. solche mit Teerfeuerung (Liegel und andere) und
4. Münchener Generatoröfen (Schilling).

Um die Schlackenbildung zu verhüten oder möglichst zu beschränken, sind bei letzteren Rostgeneratoren mit Dampfzufuhr in Gebrauch. Eingehende Beschreibung findet sich Dinglers Journal 235, S. 208, u. 236, S. 42.

Noch mögen hier die Normalformen der Gasretorten, wie sie sich vom Vereine deutscher Gasfachmänner im Sprechsaal (1889, No. 51, s. Beilage) festgestellt und gezeichnet finden, wiedergegeben werden.



Anhang.

An die Schamotteretorten schließen sich die Schamotterohre für Öfen zum Ausglühen der Holz- und Knochenkohlen für Heizkanäle, ferner die Schamottezylinder der Braunkohlenindustrie, welche bereits zu Hunderten im Merseburger Bezirke, teils liegend, teils stehend zur Gewinnung des Solaröls und Paraffins aus der Schwefelkohle dienen. Als Material für die Her-

stellung der Schamottezylinder werden vielfach die bei den Kohlengruben vorkommenden fetten Braunkohlentone verwendet. Ihre Fundorte sind z. B. Aue in Sachsen und Grana bei Zeitz, die Umgegend von Teuchern und Osterfeld. Sie gehören zur pyrometrisch geringwertigeren Ware.

Die Glasschmelzgefässe oder Glashäfen.

Allgemeines. Bei der Beurteilung der praktischen Verwendbarkeit der feuerfesten Tone für Glashäfen sind die drei Gesichtspunkte: der chemische, physikalische und technische stets gleichzeitig in Betracht zu ziehen.

Die chemischen Einflüsse spielen, äußerst begünstigt durch die anhaltend hohen Hitzgrade[1]) eine Hauptrolle, jedoch nach Verschiedenheit des Glases, je nachdem Kristall-, Tafel- oder Flaschenglas zu schmelzen ist, in größerem oder geringerem Grade. Hier genügt nicht allein ein höherer Grad der Schwerschmelzbarkeit, um technisch-ökonomische Resultate zu geben, da der Glassatz je nach der Behandlungsweise oder Beschaffenheit, ob derselbe mehr reine oder unreinere Substanzen, Soda oder Sulfat usw. enthält, die Häfen verschieden angreift und diese nach längerer oder kürzerer Haltbarkeit unbrauchbar macht[2]).

Besonders ist hier noch zu erwähnen die sich bildende Glasgalle, welche nicht blos die Häfen, sondern auch häufig den Ofen ausfrißt, und muß man daher darauf bedacht sein, deren Entstehung und wenigstens deren Anhäufung zu beschränken.

Bei dem bedeutenden Drucke, den das flüssige Glas ausübt, sind die physikalischen Verhältnisse, Widerstandsfähigkeit, und zwar eine bleibende, der Tonmasse, Dichtigkeit, Festigkeit, auch in gewissem Grade Unempfindlichkeit gegen wechselnde Erhitzung und Abkühlung von dem entscheidendsten Einflusse und ist daher auch außerordentliches Gewicht auf die Fabrikationsmethode selbst, deren technische Ausführung, wozu auch die zweckdienlichste Form des Hafens gehört, zu legen, weshalb die hier zu gebende eingehende Beschreibung mit allen notwendigen Vorsichtsmaßregeln unerläßlich erscheint.

1) Als die notwendige Temperatur eines Glasschmelzofens wird, wenn man vom leichtflüssigeren Bleiglase absieht, wohl als Maximum 1500° C angenommen, wobei zu bemerken ist, daß Schmelze, Läuterung und Ausarbeitung nicht dieselbe Temperatur bedingen. Nach Angaben im Sprechsaal 1896, No. 52 beträgt die Temperatur während des Heißschürens 1045° C, während des Läuterns 1310° und im Hafenofen zwischen den Häfen 1375°, ferner im Siemens-Wannenofen 1400°. Was die Dauer der Erhitzung angeht, so nimmt man für die Glasschmelzöfen eine Durchschnittskampagne von 8—10 Monaten an, während welcher Zeit dieselben nicht kalt werden.

2) Das schmelzende Glas kann Ton oder dessen Hauptbestandteile in bedeutender Menge aufnehmen. Die aufgenommene Menge ist bei derselben Temperatur eine verschiedene, je nach der Beschaffenheit der Materialien, wie auch der Glasart. Unter verschiedenen Tonen tritt im allgemeinen eine gewisse Sättigung damit um so eher ein, je feuerfester der Ton ist. Bei dem grünen Ton macht sich dieselbe später geltend als bei dem gebrannten. Auch unter den verschiedenen Quarzarten lassen sich Unterschiede, die jedoch nicht sehr beträchtlich sind, wahrnehmen. Inbetreff Aufnahme reiner Tonerde und reiner Kieselsäure ist das Verhältnis von den Glassorten deutlich abhängig. (Glashütte 1876, No. 21, 22 u. 23.) In der Praxis wird behauptet, daß Grünglas stets mehr Neigung besitzt, Ton aufzunehmen, während Weißglas mehr den Sand im Ton angreift. Durch ein Glasieren des Hafens wird ein gleichmäßigerer Angriff des Hafensatzes beim Einschmelzen erzielt und eine Bildung von Vertiefungen durch zusammengeballte Teile desselben verhütet.

Es ist die so wichtige Hafenstube, die hell, luftig, leicht zu ventilieren und geräumig sein soll, zu erwähnen, von deren richtiger Führung die Existenz und das Gedeihen der Glasfabrik abhängt. Alle übrige Mühe und Kosten, sagt Moritz[1]), sind zwecklos, sobald in der Hafenstube nicht alles in bester Ordnung ist und selbst der zuverlässigste Hafenmacher nicht unter steter Kontrolle gehalten wird. Abgesehen von dem Wert eines Hafens an sich, mehren sich bei einem Hafenwechsel die Unkosten sehr bedeutend. Der neue Hafen muß, ehe er in den Ofen kommt, 24 Stunden angewärmt werden, wodurch Brennmaterial, Zeit und Produktionskraft verloren geht. Außerdem werden beim Schadhaftwerden der Häfen selbst oft große Massen von bereits geschmolzenem Glase unrein und größtenteils unbrauchbar. Die Mangelhaftigkeit der Häfen ist aber nicht bloß von negativem Einfluß, sondern es steht deren Güte, wie weiter unten folgt, in einem positiven, und zwar progressiven Zusammenhange mit der Güte des Glases. Von der höchsten Wichtigkeit ist daher für den gedeihlichen Fortgang einer Glasfabrik die Herstellung von Häfen, welche den zerstörenden Einwirkungen zuverlässig und möglichst lange widerstehen.

Gehen wir vorab kurz gefaßt die Punkte durch, worauf es bei der Untersuchung eines Tones für Glasgefäße ankommt:

1. Die Schwerschmelzbarkeit soll eine ausreichende sein, d. h. die des 30prozentigen Normaltons oder besten Grünstädter Hafentons erreichen; 2. muß die Widerstandsfähigkeit gegen schmelzendes Glas eine ausreichende sein; 3. ist erwünscht, daß die Dichttemperatur eine möglichst niedrige sei, nicht viel über ca. 1000° C liege, und soll 4. der Ton überhaupt eine große Bildsamkeit, doch ohne bedeutendes Schwinden, aufweisen[2]).

Im allgemeinen wird, was die benutzten Tone angeht, den fetten, wovon wir die bekanntesten deutschen und einige andere anführen, der Vorzug gegeben[3]). Hier sind zu nennen der Vallendarer (Hessen-Nassau), Grünstädter (Rheinpfalz), Hessische von Großalmerode, Löthainer bei Meißen, Saarauer in Schlesien, Klingenberger bei Aschaffenburg, der von Passau und der von Schwandorf und Kehlheim bei Regensburg, in N.-Österreich Göttweig, in Böhmen der Wildsteiner, in Mähren der Briesener, in Ungarn der von Reo und Sonkolyo, in Belgien der bei Andenne, in Frankreich der von Forges-les-Eaux, in England der tonerdereiche, aber magere von Stourbridge usw.

Nicht ohne Interesse dürfte es sein, einige Äußerungen über das verwendete Material aus der großen Praxis, wie sie dem Verfasser von verschiedenen Glasfabrikanten im Laufe der Zeit gelegentlich zugegangen sind, kurz zu berühren. Inbetreff des Großalmeroder Tones, wofern er nicht zu eisenhaltig, begegnet man bei den Glasfabrikanten nicht selten dem Lobe, daß er sich leicht und recht kompakt forme und namentlich sehr wenig zur Tonglasbildung neige, nur wird getadelt, daß die daraus gefertigten Häfen in der Hafenstube, wie im Temper- und Glasschmelzofen sehr empfindlich seien und leicht sogenannte Feuerrisse bekommen. Hoch gesteigerten Hitzegraden kann dieser Ton nicht widerstehen. Der Löthainer, namentlich dessen bessere

1) Sprechsaal 1882, No. 45.

2) Über die Untersuchungsweise von Glashafenton findet sich eine beachtenswerte Abhandlung insbesondere hinsichtlich Ermittelung der Dichttemperatur, Schwindung und Porosität Tonind.-Ztg. 1897. Nr. 6.

3) Man vergl. d. Verf. Sprechsaal 1878, No. 12 u. 30, sowie ferner 1896, No. 35 nebst Angabe der Analysen.

Qualität, wird wiederholt gerühmt, man wirft ihm aber auch große Empfindlichkeit gegen Temperaturwechsel vor. Nach Moritz besitzt der fette Löthainer von Rühle in Cölln bei Meißen bei bedeutender Feuerfestigkeit eine ungemeine Zähigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen das Aufbrechen, die ihn zur Hafenbereitung besonders wertvoll macht. (Sprechsaal 1883, 7.) Ferner beachte man ein Schriftchen „Allgemeine Anweisungen für die rationelle Anwendung der Prima-Meißener Ton- und Porzellanerden von Heinr. Rühle, 1893". Umgekehrt bemängelt man bei dem Meißener Hafenton, der gut im Feuer steht, Temperaturwechsel verträgt, sein bedeutendes Schwinden und daß die Häfen daraus inwendig ausgefressen werden. Bei dem Schwandorfer Ton treten Risse gewöhnlich in der zweiten bis dritten Woche des Schmelzens ein und kann man sich nur helfen durch Drehen der Häfen. Der sonst besonders gelobte Ebernhahner Ton zeigt bei Verwendung von Sulfat zum Glassatze ein steinigtes Glas [1]); sobald Soda genommen wird, hört der Übelstand auf. Geschätzt wird unter den neueren Tonen der von Briesen, der zwar ziemlich schwindet, aber sich sonst bewährt. Bei bedeutender Schmelzhitze halten die Häfen daraus 8 Wochen und kommen rissefrei aus dem Ofen.

Welchen der vorstehenden Tone der Glasfabrikant zur Herstellung der Häfen verwenden soll, ist abhängig von der geographischen Lage der Glashütte und ist dabei zu beachten, daß es bei den Tonen ebenso geht wie bei sonstigen Handelsartikeln. An demselben Orte kommen oft sehr verschiedene Qualitäten vor, weshalb nur die Abstammung aus demselben Bezugsorte keineswegs maßgebend ist [2]).

Die fetten Tone, welche stark schwinden, leicht ihre Form verlieren, aber sich dichter brennen, werden namentlich von den weniger sauren Gläsern nicht so stark angegriffen, da jene weniger Kieselsäure abgeben; dagegen erweichen die Häfen aus den fetten Tonen in sehr heißen Öfen; das Gewicht der Glasmasse drückt sie alsdann auseinander, wie es namentlich in den bei weitem vorzuziehenden Gasschmelzöfen vorkommt.

Andererseits weiß man indes, daß die kieselreichen Tone, wozu die Schweizer Huppererde usw. gehört, eine dem Erweichen besser widerstehende Masse liefern, daß Häfen daraus eher wachsen als schwinden. Solche kieselreiche Häfen aber, und um so mehr, wenn sie zugleich flußmittelreich, sind gegen Temperaturwechsel sehr empfindlich, springen leicht oder brennen sich wenig fest und unterliegen mehr der Zerstörung. Verschiedene Gesichtspunkte [3]) machen sich demnach inbetreff der Widerstandsfähigkeit der Glashäfen geltend, die, je nachdem man den einen oder andern in den Vordergrund stellt, für die Auswahl des Hafentons entscheidend sind. Im allgemeinen ist daher folgendes aufzustellen.

Der zu verwendende Ton muß chemisch geeignet, d. h. schwerschmelzbar genug sein und nicht zu leicht vom Glase angegriffen werden (siehe oben Prüfungsweise der Tone in Berührung mit schmelzendem Glase), sowie physikalisch genügend haltbar sein.

1) Nach Versuchen des Verf. tritt diese steinigte Beschaffenheit je nach der Tonsorte verschieden auf.

2) cf. d. Verf. Sprechsaal 1885, No. 5.

3) Nach Dralle hängt auch hinsichtlich einer früheren oder späteren Zerstörung des Hafens viel von der Behandlungsweise und dem Geschicke des Schürers ab.



An die geeignete Beschaffenheit des Tones[1]) hat sich, wie gesagt, die sorgfältigste Zubereitung desselben und ebenso der Häfen anzuschließen. Die Hafenmasse, welche stets aus ungebranntem oder sogenanntem grünen und gebrannten Tone oder Schamotte oder gebranntem Hafenabfall (Hafenscherben, auch Hafenschale) zusammengesetzt wird, muß mit größter Reinlichkeit behandelt werden, weshalb zweckmäßig Wände und Decke der betreffenden Arbeitsräume mit Brettern zu täfeln sind, damit nicht irgend Kalkputz in die Masse hineinkommt.

Als normales Mengungsverhältnis für Glashafenmasse gilt im allgemeinen, was hier vorgreifend bemerkt werden mag, das von einem Teil gebranntem Ton (Schamotte nebst Hafenscherben) auf einen Teil grünen Ton — und zwar Maßteile —, da das Messen durch einen gewöhnlichen Arbeiter besser zu handhaben ist als die Dezimalwage. Diese praktische Erfahrung beachtend, sollen in diesem Abschnitte unter Teile stets Raum- oder Maßteile verstanden werden.

Hafenmasse. Vorbereitung des Tones. Der als geeignet bekannte oder erprobte Ton wird vorher getrocknet, nachdem etwaige sichtbare Unreinigkeiten oder schlechtere Teile, Schwefelkies, sowie unreine, farbige, fremdartige oder sandige Streifen durch Aussuchen vermittelst Zerkleinerung oder Abschaben ausgeschieden sind, dann auf einem Kollergange so fein als möglich gemahlen, das Pulver durch ein feines Sieb (mit etwa 8 Fäden auf den Zentimeter) gesiebt, wodurch zugleich kleine, etwa in dem Tone sporadisch noch zerstreute Schwefelkiesknötchen abgesondert werden.

Vorbereitung der Schamotte. Es ist zu dem Zwecke der Ton, wie oben eingehender dargelegt worden, jedenfalls anhaltend, d. h. durch und durch gleichmäßig, wie auch heftig genug bis zum Verluste des Schwindens, doch nicht bis zur völligen Verdichtung oder einer Schmelzbildung zu brennen. Unter Beachtung letzterer Einschränkung empfiehlt sich wegen größter Unveränderlichkeit in gleicher Hitze die Herstellung der Schamotte aus gebrauchten Häfen (Hafenscherben)[2]), nachdem dieselbe gewaschen und durch

---

1) Hier möge erwähnt werden der unter den sogenannten Hafenmeistern verbreitete Glauben, wonach Ton, der gefroren war, nicht mehr zu Häfen zu gebrauchen sei. Ist nicht zu leugnen, daß vereiste Tonklumpen oder auch verfrorene Teile, wenn sie vorher nicht aufgetaut werden, als solche (wegen Schmälerung der Homogenität und Bildsamkeit) gefährlich werden können, sowie daß zubereitete Masse oder gar der fertige, noch nasse und selbst der trockene, bereits ältere Hafen nicht frieren dürfen, so läßt sich doch eine sonstige schädliche Einwirkung wissenschaftlich nicht erklären. Im Gegenteil trägt bekanntlich das Frierenlassen eines Tons zu dessen Homogenisierung und allerfeinster Zerteilung, wie einer Auswitterung von Salzen bei, was also für einen Hafenton nur von günstigem Einflusse sein kann. Wird ein gefrorener Ton gesumpft und mit heißem Wasser übergossen, so erreicht man eine so vollkommene Erweichung, wie sie anders nicht vollständiger zu erzielen ist. Auch soll der Versuch gemacht worden sein, daß man absichtlich auf einer Glashütte aus gefroren gewesenem hessischen Ton Häfen herstellte, welche ebenso gut hielten als ihre Vorgänger aus demselben, aber vor Frost ängstlich behütetem Ton. Was hingegen das Aufbewahren der ungebrannten Häfen in einem Raume angeht, in dem es friert, so führt Steinmann ein Beispiel an, wonach Häfen, welche sonst 40 Schmelzen bestanden, nach der Überwinterung in einem ungeheizten Raume nicht länger als 2 bis 3 Wochen hielten. (Tonind.-Ztg. 1881, S. 150.)

2) Mit der größeren Erhitzung und dem dichteren Brennen ändert sich bisweilen die Färbung der Hafenschale sehr merklich. So erhielt der Verfasser Hafenschale (aus Almeroder und Meißener Ton bestehend) von demselben Hafen,

Abklopfen von allen fremdartigen Stoffen, namentlich den Glasteilen und glasierten Stellen in skrupulöser Weise gereinigt worden ist. Die gereinigten Scherben sortiert man dann nach den Färbungen. Man gibt dabei der Hafenschale mit rauher Bruchfläche den Vorzug vor der mit glatter, glänzender und etwaiger porzellanartiger. Wie schon gesagt, erfordert eine Schamotte mit der Zunahme der Temperatur, in der sie gebrannt ist, mehr plastischen Bindeton. Wenn z. B. auf 12 Maßteile grünem oder ungebranntem Ton 12 Teile rotgebrannte Schamotte kommen, so sind bei weiß gebrannter Schamotte 13 Teile Ton zu nehmen. Hinsichtlich der Korngröße der mit Stampfen oder Steinbrecher und Walzen zerkleinerten Schamotte, welche zwischen 1—3 mm variiert, ist zu bemerken, daß sich dieselbe nach den verschiedenen Anforderungen des Glasschmelzers, wie dem beabsichtigten besonderen Zweck richtet. Je feiner das Korn, eine um so dichtere, auch widerstandsfähigere Masse wird erhalten, aber es wächst damit das Schwinden, sowie die größere Empfindlichkeit gegen Temperaturwechsel und tritt ein verhältnismäßig leichteres Schmelzen mit der Zunahme der Berührungsflächen eher ein. Mit zu grober oder zu viel Schamotte vermindert sich das Schwinden und eine Neigung zum Reissen, aber die Masse wird dann zu porös, das Glas dringt zu stark in die Wandungen und greift sie an. Eine gewisse, aber beschränkte Porigkeit der gebrannten Hafenmasse bildet so eine notwendige Bedingung. Ein Gemenge aus feiner und nur mäßig grober Schamotte empfiehlt sich, weil dann die Schwindung am geringsten ist und die Dichtigkeit der Masse und Widerstandsfähigkeit gegen Temperaturwechsel nicht zu sehr vermindert wird. Als Schamotte hat sich namentlich für Weißglas völlig durchbrannter Schieferton außerordentlich bewährt. Solche Häfen halten sich 6 Monate und länger im Ofen.

Gehen wir zur Fabrikationsmethode der Häfen im speziellen über, so ist zu unterscheiden: Zubereitung der Hafenmasse; — des Tones, der Schamotte, wie des Gemenges daraus — und Herstellung der Häfen selbst mit den dazu erforderlichen verschiedenen Operationen.

Mengungsverhältnisse für die Hafenmasse. Nach Flamm[1]) können für die Zusammensetzungsweise der Glashafenmasse nachstehende Gemenge als Anhalt dienen, wobei wir uns nebst einigen von anderen angegebenen Mischungen vornehmlich auf die deutschen, dann belgischen Tone und den bekannten englischen von Stourbridge nebst Angabe bewährter Schiefertonmischungen beschränken.

1. Ton von Grünstadt (Pfalz) zu Häfen für Fensterglas mit Glaubersalz. Analyse und Feuerfestigkeits-Quotient siehe Zusammenstellung.

12 Maßteile roher oder grüner Ton,
5 „ gebrannter Ton,
5 „ Hafenscherben.

Andere Vorschrift:

14 Maßteile roher Ton,
5 „ gebrannter Ton,
5 „ Hafenscherben.

---

welche oben am Rande dunkelblaugrau gefärbt und von homogenem Ansehen und unten am Boden gelblich und von körnigem Ansehen war. Beim Glühen in hochgesteigerter Temperatur erweichte erstere Masse mehr als letztere.

1) Le verrier du XIX siècle mit Änderungen und Zusätzen entnommen.

Die zweite Mischung ist weit fetter als die erste und verlangt folgende Behandlung. Der sortierte, gemahlene und durch ein Sieb mit 17 Fäden auf den Zentimeter gesiebte Ton wird mit siedendem Wasser angemacht und gehörig durchknetet. Diese nur wenig plastische Masse schichtet man 3 bis 4 Wochen an einem schattigen Platze in Haufen, wendet sie wiederholt um und geht an das Formen.

2. Ton von Vallendar (Rheinland). Gemenge zu Häfen für Kristall- und weißes Hohlglas mit Mennige, Pottasche und Soda.

13 Maßteile roher Ton,
5 „ gebrannter Ton,
5 „ Hafenscherben.

Nach der „Glashütte" 1897, No. 20 wird als erprobt angegeben für Hafenkränze aus Vallendarer oder Holländer Ton:

15 Teile Rohton,
10 „ gebrannter Ton,
oder
10 Teile Rohton.
15 „ Hafenschale

3. Ton von Löthain (Sachsen) nach Rühle, Tongrubenbesitzer.

$7^1/_2$ Maßteile bester Rohton,
$5^1/_2$ „ gebrannter Ton,
2 „ Hafenscherben.

Für Hohlglas, Schleifglas, Farbenglas usw. gibt Rühle an:

6 Maßteile roher Ton,
7 „ Schamotte

(Korngröße 2 bis 2,5 mm Maschenweite).

Andere Mischung:

2 Maßteile Rohton,
1 „ Schamotte,
1 „ Hafenscherben.

4. Ton von Deggendorf (Bayern). Dieser Ton wird hauptsächlich in Bayern und Böhmen angewendet; für Sätze mit Glaubersalz ist er kaum brauchbar, um so besser aber da, wo Mennige, Pottasche und Soda verschmolzen werden.

10 Maßteile roher Ton,
6 „ gebrannter Ton,
6 „ Hafenscherben.

5. Ton von Klingenberg (Bayern).

10 Maßteile roher Ton,
5 „ gebrannter Ton,
5 „ Hafenscherben.

6. Ton von Kehlheim (Bayern).

9 Maßteile roher Ton,
5 „ gebrannter Ton,
5 „ Hafenscherben.

Andere Vorschrift:

11 Maßteile roher Ton,
5 „ gebrannter Ton,
5 „ Hafenscherben.

Diese Häfen leisten Glaubersalzsätzen nicht lange Widerstand; dagegen sollen sie für solche mit Pottasche und Soda sehr gut sein; sie schwinden beträchtlich.

7. Ton von Schwarzenfeld (Bayern).

8 Maßteile roher Ton,
5 „ gebrannter Ton,
5 „ Hafenscherben.

Die Häfen daraus zeigen dieselbe Eigenschaft wie die aus vorgenannten Gemengen, sie schwinden beträchtlich und verziehen sich stark. Um aus diesem Ton Häfen zu fertigen, die der Einwirkung des Glaubersalzes widerstehen, muß man ihn durch Zusatz anderer Tone verbessern.

Andere Vorschrift: Die folgende Zusammensetzung soll stets ausgezeichnete Resultate geliefert haben und an das Glas keinen Ton abgeben.

7 Maßteile Ton von Lengenau (Bayern),
7 „ „ „ Schwarzenfeld,
5 „ „ „ Klingenberg,
5 „ gebrannter Ton von Schwarzenfeld,
5 „ Hafenscherben.

8. Ton von Großalmerode (Hessen-Nassau) nach Ruhl.

2 Maßteile roher Ton,
1 „ gebrannter Ton,
1 „ Hafenscherben.

Die aus diesem Satze hergestellten Häfen haben sich bei nicht allzu heftiger Feuerung in der Praxis bewährt.

Ein gleich fettes Mischungsverhältnis wird von E. P. (Sprechsaal 1898, No. 2) angegeben mit dem Bemerken, daß erfahrungsmäßig Häfen aus mageren Gemengen, besonders wenn Glaubersalz verwendet wird, stärker angegriffen werden und infolgedessen ein reines Glas nicht zu erhalten ist.

9. Ton von Andenne oder Namur (Belgien), sogen. Lyoner Ton.

8 Maßteile roher Ton,
5 „ gebrannter Ton,
5 „ Hafenscherben.

Anderes Gemenge:

7 Maßteile roher Ton,
5 „ gebrannter Ton,
5 „ Hafenscherben.

Die gemahlenen, durch ein Sieb mit 12 Maschen auf den Zentimeter gesiebten und trocken gemengten Stoffe werden mit soviel Fluß- oder Regenwasser besprengt, als sie davon aufnehmen können.

Nach praktischen Ermittlungen Dralle's hat sich folgendes Gemenge aus dem gebrannten Ton von Namur bewährt.

17	Maßteile	gebrannter Ton von Namur,
1,5	„	Hafenscherben,
4,5	„	roher Ton von Delforge,
4	„	„ „ „ Normandie,
10	„	„ „ „ Altine.

Dieselbe Mischung diente auch für Ringe, Klammern wie Schiffchen. Die Schiffchen hielten durchschnitlich 4—6 Wochen.

10. Für den in neuerer Zeit bekannt gewordenen Briesener Ton, und zwar das Material erster Qualität wird von Pohl[1]) folgendes Mischungsverhältnis angegeben. Der etwas steinartige Ton gehört, wenn er sehr fein gemahlen und alsdann längere Zeit eingeweicht wird, zu den wenn auch nicht sehr plastischen.

30	Maßteile	ungebrannter Briesener Ton,
60	„	möglichst scharf gebrannter (Mehl nebst Körnern von 2,5 mm),
10	„	Großalmeroder Rohton.

Statt des Almeroder Tons kann auch Grünstädter oder Vallendarer Ton genommen werden.

11. Stourbridge-Ton (England).

8 1/2	Maßteile	roher Ton,
5	„	gebrannter Ton,
5	„	Hafenscherben.

Dieser Ton[2]) muß mit Wasser angerührt, durch ein Pferdehaarsieb gelassen und dann getrocknet werden.

Der genannte Steinkohlenschieferton gibt in England das geschätzteste Material ab, sowohl für die Glasschmelzgefäße[3]), als auch für die Glasschmelzöfen. Nach Pütsch läßt er sich zu Steinen für die Glasöfen ohne jedweden Zusatz von gebranntem Ton mit Erfolg verarbeiten. Von feuerfesten Steinen aus Stourbridgeton tragen, beiläufig bemerkt, nach Benrath die renommirtesten die Marke „Cowen“.

---

1) s. oben die Normaltone Klasse III. S. 159.

2) Derselbe ist, wie bekanntlich alle Schiefertone, wenig bindend und ist daher der bedeutende Zusatz an gebranntem Ton wie Hafenscherben in der gegebenen Vorschrift recht auffallend.

3) Hierbei ist daran zu erinnern, daß in den englischen Glasöfen keine so bedeutende Schmelzhitze wie in den deutschen herrscht, da das dortige Glas, welches meist einen Zusatz von zirka 33 Proz. Mennige enthält, ein leicht schmelzbares ist. Bekanntlich machen die Engländer (wie dies auch in Amerika der Fall ist) meist ihre Häfen in der Glashütte sich nicht selbst, sondern beziehen dieselben von den Spezialfabriken feuerfester Produkte.

Eine andere Vorschrift zu Spiegelglashäfen (Küvette):

7 Maßteile roher Ton,
5 " gebrannter Ton,
5 " Hafenscherben.

12. Schieferton-Mischungen[1].

9 1/2 Maßteile frischer Grünstädter Ton (Hettenleidelheimer),
9 " beste Schieferschamotte, stark und völlig durchbrannt. Korngröße bis 1 mm.

Der Schieferton hat sich bei Häfen für Weißglas außerordentlich bewährt und halten, wie gesagt, derartige Häfen 6 Monate und länger aus. Für Tafelglas und selbst bei Anwendung von Glaubersalz halten sich solche Häfen zehn Wochen.

Oder 8 Maßteile fetter Meißener Ton,
9 " Schieferschamotte.
Oder 9 Maßteile ausgesuchter Ton von Großalmerode,
4 " Schieferschamotte,
4 " Hafenmasse.
Oder 8 Maßteile fettester belgischer Ton,
4 1/2 " Schieferschamotte,
4 1/2 " Hafenschale.

Setzen wir in den vorstehenden Gemengsätzen das Verhältnis zwischen ungebranntem und gebranntem Ton von 1 : 1 oder 10 : 10 als das mittlere, so steigt bei den verschiedenen Vorschriften der ungebrannte Zusatz von 7 bis auf selbst 14 Teile. Man kann daher für die verschiedenen Mischungsverhältnisse, bestimmte erfahrungsmäßige Gründe angenommen, unterscheiden zwischen fetter und magerer Mischung, wovon, wie gesagt, jene im allgemeinen stark schwindet, Neigung zum Verziehen wie Reißen beim Scharfbrande zeigt, dagegen diese weniger schwindet und raschen Temperaturwechsel verträgt, aber weniger widerstandsfähig ist. Für Hohl- und Tafelglasschmelzgefäße gilt bei fettem Material als Norm eine geringe Steigerung des gebrannten Materials, auf 10 Maßteile ungebrannten Ton bis zu 10—11 gebrannten zu nehmen und für die runden oder wannenartigen, mehr dem Temperaturwechsel ausgesetzten Häfen die Menge des gebrannten Tones auf 13,2 Maßteile zu erhöhen.

Mengen und Kneten der Masse. Die Gemengteile, der feingesiebte Bindeton und die sachgemäß gekörnte Schamotte (gebrannter Ton und Hafenscherben) werden, nachdem die einzelnen Gemengteile abgewogen, auf das homogenste durchmischt. Dieses ist, wie wiederholt erwähnt, am zweck-

---

1) Von Moritz wird als Mischungsverhältnis für den Großalmeroder und belgischen Ton mit gebranntem Schieferton angegeben:

4 Teile frischer Großalmeroder Ton
2 " Hafenschalen
2 " Schieferton
oder 5 " fetter belgischer Ton (Société Anonyme)
5 " magerer Ton
8 " Hafenschalen
4 " Schieferton.

mäßigsten durch vorheriges Mengen im trockenen Zustande zu erreichen, wodurch eine vollkommenere und gleichmäßigere Mischung angebahnt wird. Das weitere Mischen erfolgt dann durch Hand- oder Maschinenarbeit. Hierauf feuchtet man mit kaltem oder besser gekochtem, reinem oder gereinigtem weichen Wasser, wobei nicht mehr Wasser genommen werden soll, als unbedingt nötig ist, die Masse an, knetet dieselbe unablässig und wendet sie so oft um, bis sich auf der Schnittfläche weder Adern noch Risse wahrnehmen lassen. Angegeben wird auf 1 hl grünen Ton 38—42 l Wasser.

Die fertige Masse darf, wie wiederholt betont wurde, weder zu weich, noch zu steif sein. In ersterem Falle ist dieselbe leichter verarbeitbar, verliert aber die Fähigkeit, die ihr erteilte Form beizubehalten und schwindet auch mehr; hingegen besitzt eine zu steife Masse eine zu geringe Vereinigungskraft beim Verarbeiten. Loysel empfiehlt so für den Hafenbau aus freier Hand eine Steifigkeit der Masse, bei der eine Bleikugel von zirka 100 g Gewicht 170—200 cm herabfallend bis zu einer ihrem Durchmesser gleichen Tiefe in die Tonmasse einsinkt. Für den Bau in der Form kann die Masse weicher sein, und genügt hier für denselben Erfolg eine Fallhöhe der Kugel von 125 bis 150 cm.

Zubereitung für kleineren Betrieb. Die Zubereitung kleinerer Mengen, etwa für 2—3 Häfen, gelingt bei Handbetrieb im allgemeinen besser als die größerer für 6—8 Häfen; die Mengung ist alsdann leichter und vollständiger. Man bedient sich zu diesen Arbeiten größerer Kästen aus starken Bohlen von 3 m Länge, 1,8 m Breite und 25 cm Tiefe. Auf den Boden dieses gewöhnlich mit Zinkblech ausgefütterten oder nach Moritz noch besser aus Sandsteinplatten hergestellten Kastens oder Troges schüttet man die nötige Menge rohen und gepulverten Ton, breitet denselben überall gleichförmig aus, so daß der Boden zur Hälfte damit bedeckt ist; auf diese Schicht kommt ebenso die nötige Menge Schamotte.

Beide Materialien sind zweckmäßig vorher zu sieben, um etwaige zufällige gröbere Beimengungen zu entfernen. Nach älterer Methode steigt ein Arbeiter, mit einer hölzernen Schaufel versehen, mit nackten Füßen in den Trog und wirft die Materialien auf den leer gelassenen Teil, wobei er jedesmal seine Schaufel vertikal in die übereinander liegenden Schichten sticht und Sorge trägt, eine neue, überall gleiche Schicht zu bilden. Noch mehr zu empfehlen ist ein vorhergehendes regelrechtes Durchstampfen und dann erst das Kneten folgen zu lassen. Nachdem der Arbeiter auf diese Weise die ganze Masse von einer Seite zur anderen geschafft hat, bildet er mittelst der Schaufel eine Vertiefung in dem Gemenge und gießt durch ein feines Haarsieb vorher heiß gemachtes Wasser in dasselbe. Hierauf bewegt er das Wasser lebhaft und anhaltend mit der Schaufel, damit die hierdurch entstehenden Wellen die Masse durchspülen. Wenn das Wasser verschluckt und noch trockenes Pulver zurückgeblieben ist, so gießt er noch so viel Wasser nach, als nötig erscheint, damit sich die Masse vollsaugen könne, und fährt so lange fort, das Wasser zu bewegen, bis alles getränkt ist und das Ganze einen gleichartig steifen Teig bildet.

Die angemachte Masse wird nun zusammengeschaufelt und an einem kühlen Platz des Arbeitslokales zu einem Haufen aufgeschichtet, während man in dem Troge mit einem neuen Gemenge beginnt. Den Haufen überläßt man, mit eingenäßter Leinwand bedeckt, mehrere Tage sich selbst, damit die Durchfeuchtung gleichmäßig bleibe.

Beim Beginn des Knetens breitet der Arbeiter, wie es früher stets geschah, wo man maschinelle Einrichtungen für diesen Zweck nicht kannte, auf der einen Hälfte des Bodens des Kastens eine 15 cm hohe Schicht der Masse aus und bearbeitet dieselbe, in kleinen Schritten vorgehend, dergestalt mit den Füßen, daß die Eindrücke des linken durch die des rechten Fußes wieder verwischt werden. Nachdem so die ganze Oberfläche mit den Füßen gleichmäßig eingedrückt ist, wird, wie bereits erwähnt, ein regelrechtes Durchstampfen mit einer buchenen Keule vorgenommen. Diese Operation, das Durchtreten mit den Füßen und Durcharbeiten mit der Keule, wiederholt man 2—3 mal, wobei zu beachten ist, daß durch ein allzu häufiges Treten der Masse viele kleine, beim Verarbeiten schwer entfernbare Bläschen entstehen. Besser ist es, die feuchte Mischung einige Mal mit dem Spaten umzustechen, dann 2 Tage liegen und hierauf wiederholt durch einen Tonschneider gehen zu lassen. Nachdem die Masse den Tonschneider zum letzten Male durchgemacht, wird der aus einem Mundstück austretende Strang in gleichmäßige Stücke geschnitten und diese in einem kühlen und sauberen Raume mit Holzhämmern zu einem Haufen fest aufgeschlagen. Die Masse überläßt man schließlich noch einige Wochen sich selbst zur sogenannten Faulung, bis sie den Vorrat bildet, wovon der Hafenmacher die zur Herstellung der Hafen nötige Menge mit einem doppelgriffigen Ziehmesser in eine Mulde schabt. Bei einer Unterbrechung der Arbeit wird, wie gesagt, die Tonmasse mit nassen Tüchern bedeckt, damit nicht an der Oberfläche eine trockene Kruste entstehe.

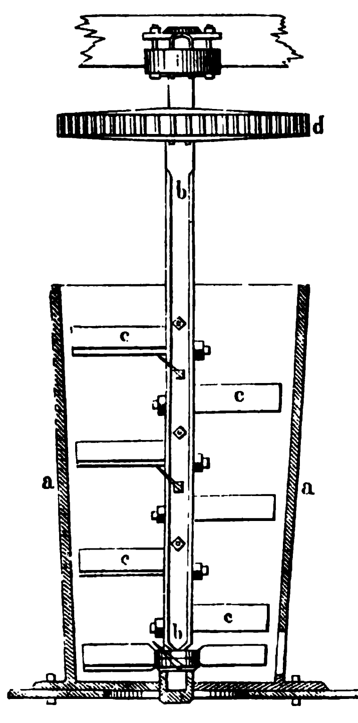


Fig. 65.

Dieses einfache Knetverfahren genügt für Glashütten mit nur einem Schmelzofen, denn ein einziger Arbeiter kann täglich 400—500 kg Ton kneten. In solchen, wo zwei oder drei Schmelzöfen im Betriebe sind, geben die Mischtonne und die Knetmaschine, welche wir nachstehend besprechen, durch irgendwelchen Motor in Bewegung gesetzt, ökonomisch vorteilhaftere Resultate.

Bei Zubereitung größerer Mengen bedient man sich des Tonschneiders oder zweier Walzen oder auch der Quetschmühle mit zwei aufrechten, auf einer eisernen Platte laufenden Mühlsteinen.

Unter den gebräuchlichen Tonknetmaschinen möge hier noch die folgende wegen der guten Dienste, die sie leistet, als Nachtrag zu den oben bereits in dem Abschnitte „Tonschneider" erwähnten genannt werden. Dieselbe Fig. 65, besteht aus einem gußeisernen oder hölzernen, oben 1,5 m, unten 0,85 weitem konischen Gefäße a, in welchem eine eiserne Welle b angebracht ist, welche bis 15 eiserne Messer (cc) trägt; die letzteren sind so geordnet, daß die

Entfernung des einen vom anderen, von unten angefangen, je um 3,5 mm zunimmt, und unter bestimmte Winkel gestellt, die sich nach dem beabsichtigten Zwecke richten.

Fig. 66, a, b, c und d stellt ein Messer in verschiedenen Lagen im vergrößerten Maßstabe dar, sowie das Doppelpaar nahe am Boden des Behälters. Bei der angegebenen gegenseitigen Stellung der Messer wird eine Schneckenlinie, eine Schraube ohne Ende gebildet. Gewöhnlich stehen mehrere solcher Maschinen um ein gemeinschaftliches Kammrad, welches in die an den stehenden Wellen befestigten Räder d eingreift, die ihrerseits einzeln ausgerückt

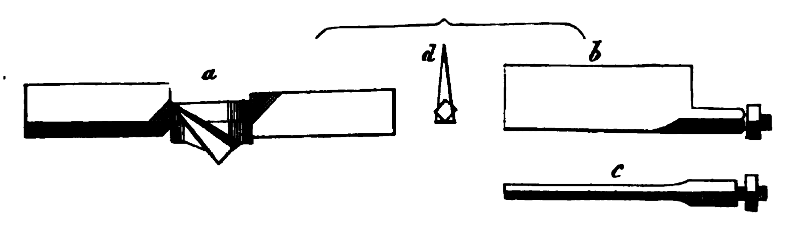


Fig. 66.

werden können. Der von oben eingeschüttete Ton wird nun nicht allein zerschnitten, sondern auch gehörig gemengt, zugleich durch die Flächen der unter bestimmten Winkeln (20—30°) gegen die Horizontale geneigten Messer gedrückt, von oben nach unten gepreßt und durch eine etwas über dem Boden befindliche, etwa 0,15 m im Quadrat haltende Öffnung herausgedrückt, wo man ihn mittelst eines Drahtes in Stücke zerschneidet, die man, bis der Ton gehörig durchgeknetet ist, immer wieder von neuem in die Maschine zurückgibt. Beim letztenmale, wo der Ton aus dem Apparate geht, zerschneidet man ihn in länglich viereckige Stücke und bringt diese in den oben angegebenen ausgemauerten Behälter.

Als sehr brauchbare und einfache Maschine empfiehlt Dralle a. a. O. einen stehenden Tonschneider von Schlickeysen nebst anderen.

Die erwähnte Mischtonne, welche besonders in Glashütten in Gebrauch ist, ist von Holz angefertigt, mit eisernen Reifen gebunden, hat einen Inhalt von ungefähr 4 Hektoliter und ist mit einer horizontalen Welle versehen, die in diagonaler Richtung hindurchgeht; auf ihrem Umfange hat sie eine Öffnung von 0,5 m Länge und 0,4 m Breite mit einem beweglichen Deckel, der sich leicht abnehmen läßt. Die beiden Enden der Welle laufen in zwei auf Ständern befestigten Zapfen. In dem Innern der Tonne sind, das eine dem anderen gegenüber, zwei halbrunde Stücke Holz befestigt, die die ganze Länge der Tonne einnehmen und zwei Vorsprünge von 0,06—0,12 m bilden.

Vermöge der dreifachen Bewegung, welche die Gemengteile in einem solchen Fasse empfangen, sobald der Apparat in Tätigkeit gesetzt wird, findet eine vollständige Vermengung statt; denn indem er sich um seine eigene Achse dreht, werden sie infolge der getroffenen Einrichtung (feste und diagonale Welle) von einem Boden zum anderen geschleudert; die beiden Ansätze halten für einige Zeit die Masse zurück und lassen dieselbe in dem Augenblicke, wo sie den höchsten Punkt der Wölbung erreicht haben, plötzlich herabfallen. — Die Menge des zu behandelnden Tones richtet sich genau nach der Größe der Tonne.

Verbesserung der Hafenmasse. Will man die bisher gebrauchte Hafenmasse für die gesteigerten Anforderungen verbessern, welche an dieselbe seit den neuen pyrometrischen Fortschritten und besonders seit Einführung

der durch Zeit- und Materialienarbeitsgewinn wie auch größere Güte des Glases sich empfehlenden heißeren Gasöfen gestellt werden, so ist dies auf zwei von der Praxis gebotenen Wegen zu erfüllen[1]).

Entweder ist, was eine Verbesserung der Glashafenmasse angeht, der bisherige plastische Ton zu verändern, oder es ist die Widerstandsfähigkeit, resp. die Schwerschmelzbarkeit desselben durch einfache und praktische Mittel zu erhöhen mittelst sorgsamster Auswahl und Entfernung aller sichtbaren fremden Beimengungen, oder, was noch entscheidender, die Feuerbeständigkeit der ganzen Hafenmasse, wie jedes ähnlichen Tongemenges, ist zu vermehren durch ein Vertauschen der bisher verwendeten Schamotte mit einer wesentlich feuerfesteren, reineren und zugleich indifferenteren gegen die gesteigerten chemischen Einflüsse. Etwaige Kohlenbeimengung ist zu vermeiden[2]). Soll dabei durch den Schamottezusatz außer der so bekanntlich

---

1) Wie bereits angedeutet wurde, sind die Vorteile, welche die Einführung der Gasöfen der Glasfabrikation brachte, in mehr als einer Hinsicht ganz bedeutende. Moritz in Sosnowice hebt einen guten heißgehenden Ofen als die erste Lebensbedingung und als Fundament einer jeden mit Erfolg arbeitenden Glasfabrik hervor. (Sprechsaal 1880, No. 9.) Zwick in seinem Lehrbuche der chemischen Technologie, S. 443, bezeichnet die Anwendung der Gasfeuerung zum Glasschmelzen als den größten Gewinn in der Glasfabrikation. Außer (cfr. Steinmann, Compendium der Gasfeuerung, S. 51) der Brennmaterialersparnis und leichten Regulierbarkeit der Ofentemperatur ist besonders hervorzuheben die Reinheit der Flamme, Vermeidung von Flugasche und Rauch, welche das Schmelzen hochfeiner Gläser mit jedem Brennmateriale ohne besondere Vorsichtsmaßregeln ermöglicht und dabei der Ware einen schönen Lüster verleiht. Andererseits wird dem Glasmacher durch den Abzug der Flamme innerhalb des Ofens die Arbeit sehr erleichtert, ebenso der Aufenthalt in den Hüttenräumen nie unangenehm oder gar unerträglich, wie es bei Öfen mit direkter Feuerung der Fall ist, wenn die Schmelze von neuem beginnt oder Witterungsverhältnisse eintreten, die für die Lage der Hütte ungünstig einwirken. Damit ist aber zugleich eine bedeutend längere Schmelzdauer verknüpft, welche bei der Gasfeuerung eine nur kurze oder wenig lange ist. Mittelst direkter Braunkohlen- und Torffeuerung lassen sich bei guter Qualität der betreffenden Brennstoffe nur ordinäre bunte Gläser und halbweiße Ware fabrizieren, die Glassätze müssen zudem um 20 bis 30 Proz. weicher eingestellt werden als bei Holz- und Steinkohlenöfen. Hierdurch befindet sich der Fabrikant nicht allein pekuniär im Nachteile, sondern die Gläser zeigen auch weniger Glanz und sind weniger widerstandsfähig gegen chemische oder atmosphärische Einflüsse. Aus der Praxis ist bekannt, daß das Glas um so besser wird, je schneller und härter es geschmolzen wurde. Inbetreff der Konstruktion in ihren Einzelheiten verschiedener bekannter Glas-Gasöfen, so der Paduschkaschen Gasfeuerung, der Schinzschen wohldurchdachten Gasöfen mit ihrer möglichsten Raumökonomie, der regenerativen Gasfeuerung nebst den jeweiligen Betriebsresultaten, wie Baukostenberechnung verweise ich auf das umfassende und auf eigene Erfahrungen begründete Werk „Anlage und Betrieb der Glasfabriken" mit einem Atlas von 40 Tafeln von Robert Dralle, Glashüttendirektor. Einen noch größeren Fortschritt bedeuten die Friedr. Siemens'schen Regenerativ-Gasöfen mit freier Flammenentfaltung.

2) Kohle wirkt magernd, auflockernd und verursacht Bläschenbildung im Glase. Nach Max Müller tritt der Kohlenstoff bei hoher Temperatur mit den Bestandteilen des Glases in Reaktion. Es entwickelt sich Kohlenoxydgas als Zersetzungsprodukt des im Glase gelösten Sulfates. Ebenso ist das sogenannte Blasen eines zufällig in das schmelzende Glas gefallenen Stückes Gußeisen zu erklären. (Sprechsaal 1881, S. 94.) Auch nach völliger Läuterung des Glases tritt bei weiterem Erhitzen der Glasmasse eine wenn auch außerordentlich feine, aber nicht endende Bläschenentwicklung ein, welche sich an der Berührungsstelle zwischen Glas und Hafen bemerklich macht und die namentlich für Glas zu optischen Zwecken recht störend ist. In schwächerem Grade zeigt sich diese Erscheinung bei den Tonen, die wegen ihrer geringeren Neigung zur Tonglasbildung

bewirkten größeren physikalischen Unveränderlichkeit eine durchgreifende pyrometrische Aufbesserung erzielt werden, so ist es sachgemäß, ein feineres Korn nebst dem dabei abfallenden Mehl [1]) anzuwenden. Der leichtflüssigere Bindeton ist so vollständig und reichlich als irgend möglich davon zu durchdringen, wobei die Grenze nur durch den dem Drucke der flüssigen Glasmasse notwendig zu leistenden Widerstande gezogen ist.

Ein praktisches Kriterium der Qualität einer solchen neuen Hafenmasse läßt sich am sichersten durch umfassendere Beobachtung im großen gewinnen. Drei Häfen sind mindestens auf die Probe zu stellen, da bei einem Hafen ein Fehler bei der Bearbeitung das Resultat unsicher macht und eine Wiederholung nur mit großem Zeitverluste verknüpft ist.

Fertige Hafenmasse. In neuerer Zeit ist bereits fertig gemischte Glashafenmasse (bestehend aus Schieferton nebst Hafenton) im Handel zu haben. Solche Masse liefern C. Kulmiz in Saarau und C. Krieg in Peterwitz bei Frankenstein (Schlesien). Auch befassen sich in neuerer Zeit verschiedene Schamottefabrikanten mit der Fabrikation von Glashäfen. (Sprechsaal 1898, No. 9.)

Nach den mitgeteilten Analysen von Heintz (1 und 2) und denen des Verfassers (3 und 4) enthalten die Hafenmassen:

	1 tonerdereiche von Kulmitz	2 tonerdeärmere	3 tonerdereiche von Krieg	4 tonerdeärmere
	Prozent	Prozent	Prozent	Prozent
Tonerde	42	37	40,76	35,1
Kieselsäure chem. geb.	55	60	32,22	62,14
do. mechan. beigemengt	—	—	9,79	—
Magnesia	—	—	0,25	0,4
Kalk	—	—	0,91	0,7
Eisenoxyd	1,8	2,0	1,44	1,4
Kali	—	—	0,89	—
Schwefel	—	—	0,13	—
Wasser	—	—	13,18	—
Erden und Alkalien	1,2	1,0	—	—

In einem Glase (Flaschen), welches geschmolzen war in Häfen aus beiden Massen, wurde gefunden:

	Hafenmasse von Kulmiz:	Hafenmasse von Krieg:
Tonerde	5,5 Proz.	4,80 Proz.
Kieselsäure	63,1 „	61,62 „
Magnesia	— „	5,08 „
Kalk	— „	15,16 „
Eisenoxyd	1,9 „	2,40 „

bekannt sind. Dem Übelstande, welcher auf eine Zersetzung der Ton- wie Glasmasse zurückzuführen ist, dürfte außer der Benutzung derjenigen bezeichneten feuerfesten Tone, die zur Tonglasbildung am wenigsten neigen, durch Herstellung einer recht hochschwerschmelzbaren Hafenmasse überhaupt, sowie durch Vermeidung eines Überhitzens der Glasmasse, soweit dies tunlich, zu begegnen sein.

1) Ein Hinzugeben feinsten Mehles in gewisser Menge ist von günstiger Wirkung. Welcher Schamotteton in dem einzelnen Falle der geeignetste ist, richtet sich nach den speziellen wie lokalen Verhältnissen und erbietet sich der Verf., auf nähere Anfragen bestimmte praktische Auskunft zu geben.

Nach Dralle halten die Häfen mit der Kulmizschen tonerdereichsten Masse 4—6 Wochen im schärfsten Feuer, schwinden aber ganz bedeutend. (Sprechsaal 1888, No. 25.)

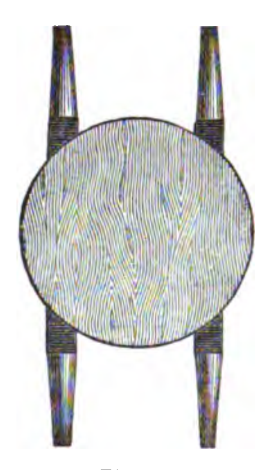
Das Formen der Häfen. Dies ist eine der schwierigsten, die größte Umsicht und Geschicklichkeit in Anspruch nehmende Arbeit, auf deren gewissenhafte und sorgfältigste Ausführung außerordentlich viel ankommt. Wie verschieden man im einzelnen bei der Anfertigung der Häfen in Formen auch zu Werke geht, so lassen sich doch alle Methoden auf

a) die des Formens in hölzernen Formen und

b) die des Formens in freier Hand

zurückführen.

a) Formen in hölzernen Formen. Zum Formen in der Form bedient man sich einer kreisrunden Scheibe von Holz, des Hafenbrettes [1]), Fig. 67,



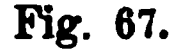

Fig. 67.



Fig. 68.

als Unterlage, auf welcher man mit dem Formen des Hafens nicht nur den Anfang macht, sondern ihn auch, so lange er noch weich ist, von einer Stelle zur anderen transportiert; für letzteren Zweck ist dasselbe häufig, wie in Fig. 67, auf eine Tragbahre genagelt; gewöhnlich gibt man dem Hafenbrett einen etwas kleineren Durchmesser, als der Boden des Hafens erhalten soll, damit die Form darüber gestürzt werden kann, legt es, bevor man mit der Arbeit beginnt, 24 Stunden in Wasser und überzieht es hierauf mit grober Leinwand und bestreut es mit Sand. Die eigentliche Form, gewöhnlich aus Faßdauben angefertigt, die auf eiserne Reifen genagelt werden, besteht aus zwei mittelst eiserner Scharniere verbundenen Teilen, so daß sie nach Belieben geschlossen und geöffnet werden kann. Das Innere der Form entspricht genau der äußeren Gestalt, den die Häfen erhalten sollen.

Fig. 68 zeigt die Form über das Hafenbrett gesetzt.

---

1) Nach Pütsch soll man einen gebrannten Stein (Schamottestein) von der gehörigen Größe nehmen. Der Boden des Hafens braucht dann noch nicht die Hälfte der Zeit zum Trocknen. (Notizbl. VIII, S. 226.) M. s. Nachfolgendes.



Auf die Mitte des Hafenbrettes bringt der Arbeiter ein genügend großes Stück kompakten Tones, um daraus den Boden des Hafens und den fünften Teil der Höhe seiner Seitenwände herstellen zu können, stürzt die mit angefeuchteter, weder zu feiner, noch zu grober Leinwand in mehreren Stücken ausgekleidete Form darüber und beginnt, die Mitte der Tonmasse mit einem runden, hölzernen, ebenfalls mit naß gemachter Leinwand bekleideten Schlägel, Fig. 69, zu bearbeiten, wobei er den Ton von der Mitte gegen die Seitenwände der Form treibt und darauf sieht, daß die das Brett bedeckende Tonschicht diejenige Stärke behalte, die man dem Boden geben will. Hierauf treibt man unter beständigem Schlagen den überschüssigen Ton von unten

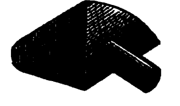


Fig. 69.

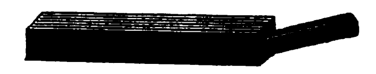


Fig. 70.

nach oben, so daß zuletzt eine flache Schale mit verlaufendem Rande entsteht, auf welchem der weitere Aufbau des Hafens erfolgt. Zu diesem Behufe schneidet der Hafenmacher 54 cm lange, 10 cm breite und 10 cm dicke Streifen des zubereiteten Tones ab, formt sie zu Zylindern, Kolombins genannt, und furcht diese der Länge nach mit den Fingern, um die Oberfläche anzufrischen und das Haften an den Seitenwänden der Schale zu befördern.

Einen so vorgerichteten Kolombin legt der Hafenmacher auf den gegen seine Brust gestemmten nackten linken Vorderarm, das den Arm überragende Ende desselben mit der linken Hand und die Spitze oder das andere Ende desselben mit seiner rechten Hand unterstützend, und neigt sich in dieser Stellung über den Rand der Form und drückt ganz nahe am Boden, doch ohne diesen zu berühren, das Ende des Tonkranzes gegen die Seitenwand der Schale, jedoch so, daß nur an einer kleinen Stelle eine Berührung stattfindet und keine

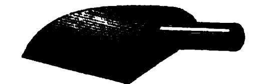


Fig. 71.



Fig. 72.

Luft eingeschlossen wird. Nun vereinigt er den Kolombin mit dem Rande der Schale, indem er die Berührungspunkte mit dem Daumen und Zeigefinger der rechten Hand stark zusammendrückt. Die Arbeit fortsetzend, nähert er den noch übrigen Teil desselben der Seitenwand der Form in dem Maße, als er mittelst des Druckes mit der rechten Hand, in Abständen von 8 zu 8 cm, die fernere Vereinigung zwischen Schale und Kolombin bewirkt. Wollte der Hafenmacher den Tonstrang auf einmal auflegen, andrücken und befestigen, so würde er Gefahr laufen, Luftblasen an den Berührungsstellen einzuschließen. Diesem ersten Kolombin folgt ein zweiter, dritter usw., alle aufs vollkommenste miteinander verarbeitet, bis die Tonmasse ein Ganzes bildet. Jetzt beginnt die Bearbeitung mit einem wie eine Pritsche gestalteten, mit angenäßter Leinwand umgebenen Schlägel, Fig. 70, wobei der Hafenmacher die Tonmasse von unten auf gegen die Seitenwände der Form ausbreitet und darauf Bedacht hat, daß

überall die gleiche Wandstärke und Höhe eingehalten werden. Nachdem er noch den Rand nach oben abgeflacht oder zugeschärft hat, werden auf dieselbe Weise von neuem Kolombins angelegt, bis man an dem oberen Rande der Form angekommen ist. Hierauf stellt man durch leichte Schläge mit verschieden gestalteten Schlägeln, Fig. 71 und 72, die man zur Hand hat, die konzentrisch gleichmäßige Stärke der Wand her. Diese Schläge müssen der eine neben dem anderen gegeben werden, sobald man die Masse von unten nach oben treibt, oder von der einen Seite zur anderen, wenn man sie nach solchen Stellen drückt, wo zu wenig vorhanden ist, wobei man von Zeit zu Zeit die Masse von oben nach unten wieder zusammenpreßt. Sollten trotz aller Sorglichkeit und Vorsicht Luftblasen in dem verarbeiteten Tone eingeschlossen sein, was man an den kleinen Hervorragungen erkennt, die sich während des Schlagens bilden, so bringt man sie dadurch zum Verschwinden, daß man diese Stellen mit einem Messer einschneidet und alsdann wieder mit dem Schlägel bearbeitet.

Um sich zu vergewissern, daß der Boden überall die gleiche Stärke hat, bedient sich der Hafenmacher einer Leere, die eine mit der Höhe des Hafens weniger der Stärke seines Bodens gleiche Länge hat, Fig. 73. Beim Gebrauch derselben legt er ein Lineal auf die Ränder der Form, die Leere muß alsdann den Raum zwischen diesem und dem Boden genau ausfüllen. Was die Stärke der Wände betrifft, so läßt sich dieselbe stets gleichförmig herstellen, wenn man sich ebenfalls einer für Häfen von bestimmter Größe angefertigten Leere bedient; zu dünne Stellen offenbaren sich durch den Zwischenraum zwischen Leere und Wand, zu dicke dadurch, daß die Leere nicht ohne Gewalt um ihre senkrechte Achse gedreht werden kann. Nachdem der Arbeiter die Seitenwände berichtigt und abgeglichen und damit die Arbeit beendigt hat, bildet er am Rande innerhalb des Hafens einen Wulst, bestimmt, teils als Verstärkung zu dienen, teils um den Hafen, wenn er im Feuer steht, mit dem Haken besser fassen und handhaben zu können.

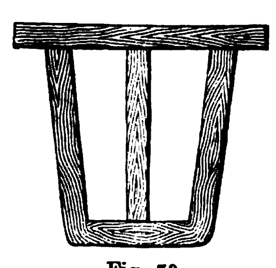


Fig. 73.

Der so weit fertige Hafen bleibt bei trockener Witterung 4—5 Tage, bei feuchter 8—10 Tage in einer bis auf 22° C oder auch höher erwärmten Stube stehen, bevor man die Form öffnet. Wenn man glaubt, daß der Ton die gehörige Konsistenz erhalten hat, lüftet man durch Wegnahme der Vorstecker, welche die eisernen Reifen zusammenhalten, in etwas die Form, der Hafen löst sich alsdann von dieser ab und man kann nach einigen Stunden nachsehen, ob die Wände zusammensinken oder ausweichen wollen, in welchem Falle man die Form, ehe man sie ganz öffnet, noch einige Tage ruhig stehen läßt. Man zieht dann ein Stück Leinwand nach dem anderen ab, drückt die Fugen, die sich etwa an der äußeren Fläche des Hafens noch zeigen sollten, mit der Spitze des Zeigefingers zu, überfährt außen den ganzen Hafen mit einem nassen Schwamm und schneidet, wie gewöhnlich, am Boden eine 26 mm tiefe Zarge, um den in Feuer stehenden Hafen bequemer fassen und handhaben zu können.

Von jetzt ab müssen die fertigen Häfen täglich genau untersucht werden, ob sich nicht hier oder da ein Riß zeigt. So lange der Ton noch ziemlich weich ist, kann man solche Risse durch Ausstreichen und Zusammenschieben beseitigen, doch darf man solche Stellen nicht etwa naß machen oder gar mit

frischem Ton belegen, wenn nicht wegen der ungleichen Feuchtigkeit und des ungleichen Austrocknens der Fehler verschlimmert werden soll. Ist aber der Risse zeigende Hafen bereits so weit getrocknet, daß er nur schwierig noch Eindrücke von dem Finger annimmt, so tut man am besten, ihn ganz zu zerschlagen, die Stücke einzuweichen, zu kneten und einen neuen Hafen daraus zu formen.

b) Formen aus freier Hand. Diese Art des Hafenmachens hat das für sich, daß hierbei der Ton von zwei Seiten bearbeitet wird und also die Wahrscheinlichkeit, alle Luftblasen zu entfernen, eine viel größere ist. Nach 6—8 Wochen kommen die Häfen in die Trockenstube, welche zirka 31 ° C hat und bleiben hier 6—10 Wochen bis zum Gebrauch ruhig stehen.

Das äußere Ansehen der so gemachten Häfen ist zwar nicht so schön, als wenn sie in der Form hergestellt sind, dagegen ist nach Pütsch die Haltbarkeit eine größere, und trotz der größeren Schwierigkeit in der Herstellung hat sich auf den meisten Glashütten die Fabrikation aus freier Hand eingebürgert [1]).

Benrath fand bei Anwendung beider Arten des Hafenformens keinen Unterschied in der Haltbarkeit, wohl aber in letzterer ein Mittel, die Arbeit eines fremden Hafenmachers zu taxieren.

Die Arbeit fängt, wie das Formen in der Form, mit der Bildung des Bodens an. Die Masse darf, wie oben gesagt, keinenfalls zu weich sein, und sind die Grenzen, innerhalb deren die Steifigkeit schwanken kann, hier viel engere. Das Hafenbrett liegt auf einer hölzernen Unterlage, die aus zwei kreuzweise verbundenen Klötzen besteht (Fig. 74), sodaß dasselbe über dem Boden etwa 31—39 cm hoch ist und der Arbeiter bequem arbeiten kann. Dieser wirft nun so viele, durch Rollen auf dem Hafentische zubereitete Cylinder mit aller Gewalt auf die Mitte des Brettes aufeinander, bis er Tonmasse genug zu haben glaubt, um daraus den Boden formen zu können, wobei er den Haufen mittelst des Stampfers, Fig. 75, ausbreitet. Ein geübter Arbeiter trifft dies stets so genau, daß er keine andern Hilfsmittel bedarf, um von vornherein dem Boden die richtige Stärke zu geben; im anderen Falle untersucht er dies mit der Leere, Fig. 76, wo er dann das Überflüssige am Rande abstreicht. Nachdem dies geschehen ist, wird dem Boden seine gehörige Gestalt gegeben, und der Rand desselben mit der Hand etwas niedergedrückt, so daß rund herum eine Rinne entsteht, in welche die Zylin-

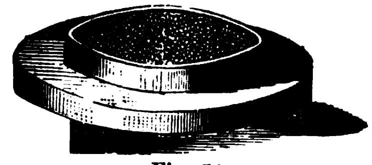
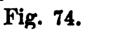



Fig. 74.

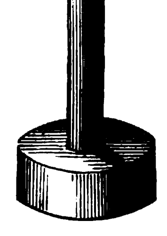


Fig. 75.

1) Es ist dabei zu empfehlen, dem Arbeiter für jeden untadelhaften Hafen eine Prämie auszusetzen.

der, die den Anfang der Seitenwände bilden sollen, eingelegt werden können. Zu dem Ende nimmt der Arbeiter einen Zylinder in die rechte Hand, legt das vordere Ende in die Rinne und drückt solche mit dem dritten Gelenke des Zeigefingers an. Damit aber die Masse durch diesen Druck nicht zu sehr ausweiche, so legt er die linke Hand in die innere Fläche der Seitenwand, gerade dem Orte gegenüber, wo die Rechte andrückt, so daß diese einen Unterstützungs- und Widerstandspunkt abgibt. Sobald nun das Ende auf diese Weise angedrückt ist, fährt der Arbeiter etwa 2 cm an demselben zurück, drückt von neuem an, wobei er immer die linke Hand gegenüber hält, und fährt hiermit so lange fort, bis der ganze Zylinder eingelegt und fest angedrückt ist. Nun nimmt er einen zweiten Zylinder, setzt das Ende desselben an das Ende des ersteren an, drückt ihn so, wie oben beschrieben, nach und nach an und wiederholt diese Operation mit neuen Zylindern so lange, bis er den ganzen Rand des Bodens besetzt hat. Darauf werden die übrig gebliebenen Fugen durch kleine, nahe aneinandergesetzte, mit der Spitze des Zeigefingers gemachte Eindrücke geschlossen, und die noch vorhandenen Unebenheiten mit dem Ballen der Hand, die man etwas naß macht, glatt gestrichen. Es bleibt jetzt nur noch übrig, diesen Ansatz kreisrund und von gehöriger, gleichförmiger Dicke zuzurichten. Hierzu schneidet sich der Arbeiter 5 Stäbchen von der Länge des äußeren Durchmessers der Häfen in verschiedenen Höhen und merkt an jedem Ende dieser Stäbchen mit einer Kerbe, die einem jedem der Durchmesser zugehörige Dicke der Hafenwand. Legt er nun nach und nach eins der Stäbchen quer über seinen Hafen nach verschiedenen Richtungen, so vermag er leicht zu beurteilen, ob die Rundung und Wandstärke überall vorschriftsmäßig sind, und kann mit geringer Mühe die überflüssige Masse hinwegnehmen. Anstatt der Stäbchen kann man sich auch der Leere (Fig. 76) bedienen. Ist nun auf diese Weise die Seitenwand angefangen und abgeglichen, so macht der Arbeiter den zweiten Satz, indem er die neue Schicht von Zylindern rund herum, ebenso wie die ersten ansetzt, die Fugen schließt, ausebnet und das Ganze nach dem Kaliberstäbchen ausgleicht. So wird fortgefahren, bis der Hafen fast seine halbe Höhe erreicht hat, dann läßt man ihn etwa 24 Stunden lang stehen, bis die Masse etwas angezogen hat, d. h. etwas getrocknet ist, und soviel Steifigkeit erhalten hat, um die noch darauf zu setzende Last tragen zu können, und nicht weicht, zusammenstürzt oder auch nur baucht. Die Arbeit wird in der vorgeschriebenen Weise so lange fortgesetzt, bis der Hafen die erforderliche Höhe erreicht hat, wobei sich der Arbeiter so einrichtet, daß jeder neue Satz von Zylindern den Hafen immer nur um 4,7 bis 7 cm höher macht.

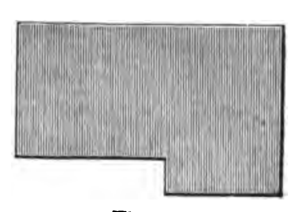


Fig. 76.

Statt das Hafenbrett in Wasser quellen zu lassen, um seine unmittelbare Berührung mit der Tonmasse zu verhüten oder mit Sand zu bestreuen, ehe man den Ton darauf bringt, empfiehlt ferner Stein die Anwendung eines eisernen Ringes von dem Durchmesser des Hafenbodens und etwa 3,5 cm Höhe, welcher an einer Seite offen ist und durch einen Vorstecker geschlossen werden kann. Dieser Ring wird auf das Hafenbrett gelegt und der von ihm umschlossene Raum mit gebranntem und gestoßenem Ton angefüllt. Ist der Hafen geformt, so wird der Ring fortgenommen, die Hafenmasse kann sich

nun nicht blos ungehindert zusammenziehen, sondern auch nach unten durch den Ton austrocknen. Ohne die eine oder andere dieser Vorsichtsmaßregeln würden durch die entgegengesetzten Bewegungen, die durch das Aufquellen und Eintrocknen des Hafenbrettes entstehen, Risse in dem Boden verursacht werden. Moritz hilft diesem Übelstand dadurch ab, daß er in der Mitte des Hafenbrettes ein kreisrundes Loch herausschneidet, das um 5 cm kleiner ist, als der untere Durchmesser des Hafens. Das ausgeschnittene Stück wird zur Befestigung mit genügend hohen Leisten beschlagen, mit Leinwand überzogen und in das Loch eingepaßt. Nachdem das Hafenbrett auf diese Weise vorbereitet, wird Schamotte übergestreut und der Hafen darauf wie gewöhnlich gefertigt. Nach 14 Tagen nimmt man das Kreisstück von unten aus dem Hafenbrett heraus, wodurch der Hafen ringsherum 2 cm auf dem Brett aufliegend, am Boden freistehend wird und letzterer nun weit besser trocknen kann. (Sprechsaal 1882, No. 9).

Pohl, dessen neue Formweise der Häfen wir nachfolgend beschreiben, hält dieses Verfahren für unrichtig. Bleibt der Hafen einige Zeit auf der Schamotte oder einer solchen Platte stehen, so saugt diese aus dem Boden des Hafens die Feuchtigkeit rasch weg, während die Wände der mit feuchten Tüchern ausgelegten Bütte mit Wasser gesättigt bleiben. Wird nun mit dem Holzklopfer der Hafen verdichtet, so werden gerade an der Stelle, wo der wasserärmere Boden mit den nassen Hafenwänden zusammenstößt, leicht Risse durch die verschiedene Plastizität entstehen. (Sprechsaal 1892, Nr. 18).

Die weitere Behandlung der so angefertigten Häfen bis zum Brennen derselben, erfolgt ganz in der beim Formen in der Form angegebenen Weise. Im allgemeinen müssen die Wände der Häfen so dünn wie möglich sein, damit sie leichter von der Wärme durchdrungen werden. Hierbei hat man indeß auf die Kohärenz des Tones, sowie auf das Gewicht des auf die Hafenwand drückenden eingeschmolzenen Glases zu sehen. Dicke Wände wirken in derselben Weise wie kalte Bänke; trotz einer über alles Maß fortgesetzten Schmelzung und Läuterung wird das Glas niemals recht lauter, und wenn es durch die Läuterung endlich klar geworden ist, kühlt es sich während des Blasens ab, entglast und wird krätzig. Die verschiedene, d. h. nicht gleichmäßige Stärke der Wände hat einen solchen Einfluß auf das Schmelzen, daß derselbe oft durch eine merkliche Verschiedenheit in den Produkten eines und desselben Ofens zum Vorschein kommt.

Wiewohl, wie schon erwähnt, nach Benrath (Glasfabrikation, 1887) alle Versuche, Häfen auf mechanischem Wege herzustellen, z. B. auf der Drehscheibe, wie von Bastenaire-Daudenart angegeben worden, bisher unbefriedigende Resultate geliefert haben, und daher eine mechanische Formerei in der Praxis der Glasfabrikation sich bisher nicht eingebürgert hat, so mögen dennoch einige bezügliche patentierte Verfahren oder gemachte anderweitige Vorschläge hier angeführt werden.

Eine Maschine, mittelst welcher Glashäfen (wie Kapseln und Gasretorten usw.) vollständig fertig geformt werden, wurde Simons patentiert (D.R.-P.). (Tonind.-Ztg. 1881, No. 18, Beilage.) Die Maschine verarbeitet unter großem Druck den Ton so trocken, wie ihn der Tonschneider nur liefern kann. (Siehe Tonind.-Ztg. 1883, No. 7 u. 11.) Statt der Tonhäfen macht La Roche den aus mehreren Gründen bedenklichen Vorschlag Platinschmelztiegel zu verwenden, welche 150—180 cbdcm halten und 0,5 mm dick sind und mit Magnesiaplättchen außen bedeckt werden sollen. Das Schmelzen des Glases

würde darin nur 2—3 Stunden erfordern und reiner ausfallen. Das Heizen könnte man alsdann beliebig unterbrechen, ohne den Bruch des Tiegels zu riskieren.

Kriegar in Hannover schmilzt das Glas in einem Schachtofen, der einen Vorherd hat. Aus dem Herde des Schachtes tritt das geschmolzene Glas in eine lange schmale Wanne und aus dieser in die Arbeitswannen. (Dingler's Journ. 1881.)

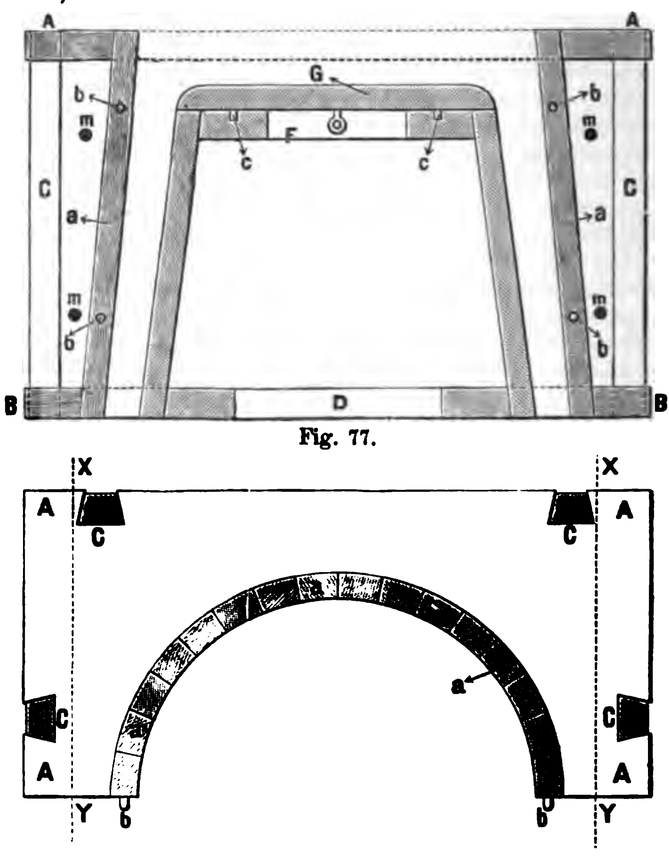


Fig. 77.

Fig. 78.

Nach einem Patent von Reese in Pittsburg soll das Glas mittelst heißer Luft geschmolzen werden. Reese bedient sich dazu statt der Häfen eines Ofens, der den Glassatz aufnimmt und worüber die in Regeneratoren sehr hoch erhitzte Luft geleitet wird. Die Schmelzzeit soll dabei eine bedeutend kürzere sein. (Glashütte 1881, S. 430.)

Häfen aus Asbest und Ton, die nach einer angeblichen Erfindung in Frankreich übermäßig empfohlen worden sind, haben sich nicht bewährt. (Sprechsaal 1899, No. 28.) Eingehender möge nach obiger Andeutung hier noch ein Verfahren von Pohl besprochen werden, die Häfen in einer festen Form zu stampfen.

Ad. Pohl (Sprechsaal 1892, No. 18) von der Ansicht ausgehend, daß das Formen der Häfen aus freier Hand und auch das der Hafenbütte, unvollkommen sei, da der Hafner nachher nicht imstande ist, alle Teile des Hafens gleichmäßig fest und dicht herzustellen, empfiehlt die Masse in eine feste Form zu stampfen, worin dieselbe nach keiner Seite ausweichen kann. Zu diesem Zwecke bediene man sich einer Form, die nach der in der zitierten Zeitschrift gegebenen Beschreibung nebst Abbildungen nach Fig. 77 u. 78 wie folgt herzurichten ist. Die Form besteht aus einer zweiteiligen Außenform und einem Kern; dazu gehört ein Unterlagbrett, worauf beide zu stehen kommen. Jede Hälfte der Außenform besteht wieder aus zwei kräftigen, circa 50 mm starken Brettern AA und BB, die in ihrem halbkreisförmigen Ausschnitt mit Hilfe dicht aneinander gefügter und geleimter, zirka 40 mm starker Stäbe a durch Holzschrauben an AA und BB befestigt, miteinander verbunden sind. Zur besseren Versteifung der Flanschen AA und BB dienen die in dieselben schwalbenschwanzförmig eingelassenen Streben C. Der lichte Durchmesser der Außenform bei AA entspricht dem größeren, der bei BB dem kleineren Außendurchmesser des Hafens. Die Höhe der Außenform kommt der ganzen Hafenhöhe gleich. Die Hälften der Außenform erhalten an ihren Stoßflächen Dübel zum Schutze gegen seitliches Verschieben.

Der Kern besteht aus zwei, circa 50 mm starken Holzringen D und F, die, wie bei der Außenform, mittelst dicht gefügter, 40 mm starker Stäbe verbunden sind. Eine 50 mm starke runde Holzplatte G bildet den Abschluß des Kernes nach oben. An dieser Holzplatte sind die oberen Kanten kräftig abgerundet, und sitzt dieselbe lose mit den Dübeln c auf dem Kern. Alle Abmessungen der Außenform und des Kernes sind dem Schwindemaße entsprechend zu wählen. Für die angegebene Mischung ist ein Schwindungsverhältnis von 3 Proz. als zutreffend anzunehmen.



Fig. 79.

Um die Form zum Gebrauch zusammenzustellen, wird zuerst der Kern mittelst zweier Schraubenbolzen, welche durch den Holzring D und das starke Unterlagebrett gehen, auf letzterem festgeschraubt. Die zweiteilige Außenform wird durch vier kräftige lange Schraubenbolzen m, die in der Richtung XY und paarweise in starken Holzleisten liegen, fest zusammengehalten; an das Unterlagebrett ist sie ebenso, wie der Kern, befestigt.

Das angewendete Hauptwerkzeug zum Formen der Häfen ist ein kräftiger Stampfer nach nebenstehender Fig. 79. Derselbe besteht aus einem Holzstiel p mit angenietetem Eisenschuh n. Die Seitenlängen dieses quadratischen Eisenschuhes sind der Wandstärke des Hafens entsprechend zu wählen, und zwar gewöhnlich 10 mm kleiner als diese. Die untere Fläche des Schuhes ist scharf geriefelt. Die ganze Länge des Stampfers beträgt circa 1,5 m, sein Gewicht nicht unter 3,5 kg.

Die Hafenmasse, welche der Hafenmacher in eine Mulde geschabt hat, darf, wie bekannt, zum Formen nicht zu weich sein, d. h. nicht zu viel Wasser enthalten, denn je steifer die Masse ist, um so dichter wird der Hafen. Ein Gehilfe krümelt die Masse zu schwachen Schichten ringsum zwischen Kern und Außenform; der Hafenmacher stampft mit mäßig wuchtigem Schlag mittelst des Stampfers die Masse fest, langsam im Kreis fortschreitend. So füllt sich

allmählich der Zwischenraum von Kern und Außenform, bis die Masse den um die Hafenbodenstärke zurückstehenden Kern überragt. Nun schüttet der Gehilfe eine größere Menge geschabter Masse auf das Kerndeckbrett G, und der Hafenmacher stampft dieselbe über die ganze Hafenbodenfläche gleichmäßig fest. So wird die Höhe der Außenform erreicht, und sticht man die überstehende Masse mit einer scharfen, ganz flachen Schippe ab. Die Bodenfläche des Hafens glättet man mittelst Klopfholz, Spachtel und etwas Wasser. Jetzt schneidet man auch am bequemsten den Bodenrand des Hafens schräg ab, um für die Brechstange beim Losbrechen der Häfen von der Ofensohle einen Angriffspunkt zu schaffen.

Ist auf diese Weise der Hafenboden fertig gemacht, so wird die ganze Form mit dem Hafen umgelegt und ein Unterlagebrett, auf dem der Hafen trocknen soll, benutzt. Über den Hafenboden wird langes, trockenes Roggenstroh oder nicht zu dickes Schilfrohr gelegt, das Brett dagegen gedrückt und die Form mit dem Hafen auf dasselbe umgekippt. Alsdann werden die Schraubenbolzen, womit Außenform und Kern an dem ersten Unterlagebrett befestigt sind, gelöst und dieses abgenommen. Der Hafen steht jetzt aufrecht in seiner Gestalt da; der obere Rand desselben wird sauber geputzt und nach innen etwas abgerundet. Um den Kern von der Masse zu lösen, steckt man eine starke Stange zwischen die beiden Schraubenbolzen, mit welchen Kern und Unterlagebrett befestigt waren und dreht ein wenig den Kern um seine Axe hin und her. Hierauf wird ein Stück Holz oder Eisen, das etwas länger als der Durchmesser des runden Ausschnittes im Brett D des Kernes ist, unter letzteres geschoben, ein Strick oder eine Kette darumgeschlungen und nun mittelst eines Flaschenzuges oder einer Stange der Kern aus dem Hafen herausgezogen. Das Deckbrett G bleibt auf dem Hafenboden liegen und wird an der darin befindlichen Öse nachher herausgehoben. Dieses Deckbrett ist mit dem Kern deshalb nicht fest verbunden, weil beim Herausheben des Kernes derselbe als Kolben im Zylinder wirken und den Hafenboden hochsaugen würde. Nachdem der Kern entfernt ist, wird das Innere des Hafens sorgfältigst geglättet. Dann werden die vier langen Schraubenbolzen m abgenommen, und durch einige Schläge mit einem Holzhammer an die Außenform löst sich dieselbe von dem Hafen ab und können beide Teile vorsichtig abgezogen werden.

Damit Außenform und Kern sich leichter von dem eingestampften Hafen lösen, fettet man beide vor dem Einformen tüchtig mit einem steifen Mineralöl ein Je öfter eine Form, wie die oben beschriebene, im Gebrauch ist, um so leichter läßt sie sich von der Masse ablösen. Am leichtesten geschieht dies jedoch, wenn sowohl die Außenform, als auch der Kern mit dünnem Eisenblech oder besser Zinkblech beschlagen sind.

Den fertigen, auf Stroh oder Schilfrohr stehenden Hafen überläßt man langsam der Trocknung und soll, wie nachstehend folgt, die anfängliche Temperatur des Trockenraumes zwischen 19 und 22⁰ liegen. Auf eine rationelle Ventilation des letzteren ist stets Bedacht zu nehmen, und vertragen die so vorgetrockneten Häfen erst nach zirka 14 Tagen einer höheren Trockentemperatur ausgesetzt zu werden. Nach weiteren 5—6 Wochen können die Häfen zur Verwendung gelangen. Weitere Angaben über die Anfertigung der gedeckten und offenen Häfen finden sich nebst Zeichnungen in der Keramischen Rundschau 1896 No. 38.

T r o c k n e n d e r H ä f e n. — Unter allen Operationen bei der Anfertigung der Häfen ist das Trocknen am strengsten zu überwachen, wobei jedwede Un-

vorsichtigkeit in der Leitung der Temperatur die sonst genaueste Arbeit zu Schanden macht. Es muß alles vermieden werden, was zu schnelle oder auch partielle Trocknung hervorrufen kann. Direktes Sonnenlicht darf z. B. auf keinen Hafen fallen. Je langsamer ein Hafen erst in der Hafenstube und dann in der Trockenstube trocknet, je besser ist es und namentlich in der ersten Zeit. Es gibt Glasfabriken, welche die Häfen ein halbes Jahr und am sichersten während der Sommerzeit ohne jede künstliche Wärme stehen lassen, ehe sie dieselben, nach, wie gesagt, stetigem vorherigen Ausglühen benutzen. Hauptsächlich ist es der Boden des Hafens, welcher nicht nur wegen seiner größeren Dicke im Vergleich zu der geringeren Stärke der Wand, sondern auch wegen der ungünstigeren Verhältnisse, in welchen er sich in betreff des Trocknens zu den andern Teilen des Hafens befindet, so viele Rücksicht erfordert. Der ungleichen Trocknung der dünnern Wandung im Vergleich zu dem dicken Boden wirkt man dadurch entgegen, daß man die dünneren Stellen mit feuchtem Papier beklebt und auf dieses weichen Ton bringt oder auch einen feuchten Schwamm auflegt. So lange sich der untere Teil des Hafens noch kühl anfühlt, ist es ein Zeichen, daß er noch nicht trocken ist.

Nach Loysel kommt alles darauf an, daß, ehe die Häfen in den Anwärmeofen kommen, das Trocknen bei einer Temperatur erfolge, die mit $10-12^1/_2{}^0$ C, einer Temperatur, welche indeß im Sommer schwierig inne zu halten, anfängt und mit $37-40^0$ endigt. Die Steigerung der Temperatur muß besonders im Anfange gradweise erfolgen. Die Zeit, welche die Häfen zum Austrocknen gebrauchen, ist nach dem Feuchtigkeitszustande der umgebenden Luft verschieden, im allgemeinen aber beträgt sie nicht unter vier Monate. Demnach würde die Zunahme der Temperatur so zu regulieren sein, daß sie für je fünf Tage etwa 1^0 C betrüge. Den Wassergehalt der Luft in der Hafenstube erfährt man am besten vermittelst eines in derselben aufgehängten Psychrometers, das ist zweier genau korrespondierender Thermometer, von welchen die Kugel des einen mit Musselin, der mit destilliertem Wasser naß gehalten wird, umhüllt ist. Wenn beide Thermometer fast denselben Stand zeigen, so ist es nötig, einen Luftwechsel eintreten zu lassen. Dies geschieht durch vorsichtiges Öffnen der Fenster, wobei man, wie nach früherer Darlegung einleuchtend, darauf zu sehen hat, daß die Häfen nicht von einem einseitigen Luftstrome getroffen werden. Noch besser ist es, wenn das Lokal an der Decke oder an den Seitenwänden mit einzelnen Luftlöchern versehen ist, die nach Bedürfnis leicht geöffnet und wieder geschlossen werden können. Sind nach Verlauf von etwa 4 Wochen die Häfen hinlänglich abgetrocknet, so kehrt man sie um, d. h. den Boden nach oben gerichtet, damit auch dieser trockne. Man bedient sich hierzu eines eigenen, zweiräderigen Schiebkarrens von einer ähnlichen Einrichtung, wie sie auf Fruchtböden zum Transport von Getreidesäcken gebräuchlich sind.

Es wird nach der früheren Anfertigungsweise, jedoch mit Unrecht, empfohlen, die Häfen während der ersten 4 Wochen täglich zu schlagen; sie müssen vielmehr während des Trocknens vor jeder Erschütterung bewahrt werden, damit die neben einanderliegenden Gemengteilchen keine Verschiebung erleiden, wodurch unzählige Risse entstehen würden; nur in den ersten Tagen stampft und schlägt man den Boden des Hafens so lange, bis er nicht mehr leicht Eindrücke annimmt.

Bei der Wichtigkeit des Gegenstandes verweise ich hier auf das bereits oben angegebene und in England befolgte Verfahren, wonach man die Häfen in einer mit Wasserdampf vollkommen gesättigten Luft längere Zeit einer höhe-

ren Temperatur aussetzt. Ist dabei der Zweck, daß das Innere ebenfalls die höhere Temperatur annehme, ohne daß die Oberfläche in der feuchten Luft trocknen kann, einmal erreicht, so erfolgt das Trocknen in höherer Temperatur ebenso gefahrlos in bezug auf das Reißen, und weit rascher als bei niedriger.

Das Brennen der Häfen. — Ehe die vollkommen trockenen Häfen in den Glasschmelzofen kommen, müssen sie, wie oben wiederholt angedeutet, recht allmählich[1]) auf die Temperatur desselben erhitzt werden. Dies geschieht in dem bequem zu legenden und genügend geräumigen Vorwärme- oder Temperofen, einem Flammofen, der, wie gesagt, entweder mit dem Schmelzofen verbunden und durch die aus letzterem abgehende Wärme erhitzt wird, oder besser von diesem getrennt mit eigener Feuerung versehen ist.[2]) Abwesenheit jeglicher Stichflamme ist die Grundbedingung beim Hafentempern und ist daher anfangs am besten mittelst Koks und jedenfalls trocknem Brennmaterial zu heizen; keinenfalls darf die Flamme etwa den obern Rand der Häfen, also den dünnsten Teil zuerst treffen. Das Innere des Temperofens ist aus guten Schamottesteinen aufzuführen, die äußerlich mit einer Rauchmauer von gewöhnlichen Ziegeln umgeben werden können. Die Häfen stellt man auf die völlig ebene Sohle desselben nicht unmittelbar, sondern auf einige hochkantig gestellte Chamottesteine. Den Eingang zum Ofen verschließt man mittelst Platten aus gebranntem Ton, wobei man im oberen Teile des Eingangs eine Öffnung läßt, die der Flamme und dem Rauch den Ausgang gestattet. Wenn der Ofen in dieser Weise vorbereitet ist, öffnet man zum Teil den Fuchs zum Schmelzofen, so daß sich das Innere nach und nach erwärmt. So lange die Hitze noch nicht die anfangende Rotglut erreicht hat, muß man vorsichtiger sein; alsdann öffnet man den ganzen Fuchsschwanz und steigert durch ein Steinkohlen- oder Holzfeuer, welches durch eine in dem unteren Teile der Schlußplatte angebrachte Öffnung unterhalten wird, die Temperatur bis zu der des Schmelzofens.

Gewöhnlich beginnt man mit dem Erhitzen der neuen Häfen, nachdem man die alten mit dem Glassatz beschickt hat, während derselbe schmilzt, sucht man die Hitze auf Rotglut zu bringen, damit die Häfen gegen das Ende der Bläschenentwicklung, der Moment, wo das Einsetzen beginnt, gehörig erhitzt sind. Schließlich erwähnen wir, daß nach einem E. Hatscher in Radeberg patentierten Verfahren eine größere Haltbarkeit, der Häfen durch ein wiederholtes Brennen derselben erzielt werden soll. Die Häfen werden nach dem ersten Brennen vorsichtig abgekühlt und hierauf nochmals, aber bei höherer Temperatur gebrannt. Es wird dadurch für den zweiten schärfern Brand eine größere Festigkeit der Glashäfen erreicht, die, wenn die Temperatur gleich bei dem ersten Brande so wie bei dem zweiten gesteigert wird, zu sehr klinkern und sich verziehen würden. Hierzu käme noch der Umstand, daß sich nach den im dritten Kapitel besprochenen Versuchen des Verf. durch vorheriges Glühen eines Tones für sich eine wenn auch geringe pyrometrische Erhöhung der Masse einstellt. Wiener Centrbl. 1896 No. 361.

Das Setzen der Häfen. — Das Setzen der, wie erwähnt, völlig aus-

---

1) Dasselbe ganz allmähliche Vorwärmen oder Auftempern gilt auch ebenso beim ersten Gebrauch aller in der Glasindustrie vorkommenden Öfen, Gefäße oder Gefäßteile.

2) Inbetreff der weiteren Einrichtung sei verwiesen auf Dralles Werk S. 200 ff., Abschnitt 27.

getrockneten 4—6 monatlichen, hierauf angetemperten, glühenden Häfen in dem etwas abgekühlten Ofen muß unter Vermeidung jeder Beschädigung, wozu selbst leichte, oft kaum sichtbare Risse zu rechnen sind, geschehen. Die Häfen haben, wie gesagt, eine wesentlich höhere Temperatur oben gegen den Rand hin auszuhalten, als unten am Boden, und ist dort auch immer der stärkste Angriff bemerkbar.

Stellung der Häfen. — Die Häfen müssen gerade und der Boden darf nicht hohl stehen, aber getrennt von dem Gesäß durch untergestreute Schamotte. Schließlich sind dieselben am Feuerschlunde und zwar gleich beim Setzen richtig zu stellen und dürfen keinenfalls darüber hinaushängen. Beim üblichen Drehen der Häfen, dem Feuer zu, müssen dieselben nur um ihre Axe bewegt werden.

Einglasen oder Aussäumen der Häfen. — In dem neuen, wie gesagt, recht heißen Hafen sind, wovon man in neuerer Zeit immer mehr abgekommen, das erste Mal bloß Glasscherben oder Schmelze, die man sorgfältig, mittelst eines gebogenen sogenannten Feineisens über die ganze innere Fläche ausbreitet, und das zweite Mal Glassatz mit einem großen Verhältnis von Glasabfällen einzuschmelzen, wodurch sich die bis dahin poröse innere Wandung des Hafens mit einem harten Tonglase überzieht, das schwerer schmelzbar ist und den schmelzenden Agentien der nachfolgenden Sätze besser widersteht, somit den Hafen vor der unmittelbaren Berührung mit den geschmolzenen, aber noch nicht mit Kieselsäure gesättigten Basen schützt. Schont man so den Hafen bis er die dritte Arbeit überstanden, so kann ihm dann später umsomehr geboten werden.

Art der Häfen. — Die Häfen dienen für unterbrochenen oder kontinuierlichen Betrieb und zerfallen danach in zwei Hauptklassen. Dieselben sind entweder oben oder seitlich offen; jene sind die gewöhnlich gebrauchten, während man diese hauptsächlich bei Steinkohlenfeuerung, beim Schmelzen von Kristallglas oder überhaupt da anwendet, wo man eine Verunreinigung der Glasmasse durch hineinfallende fremde Stoffe zu befürchten hat. Dieselben sind mit einem sehr dünnen Dome aus Hafenmasse überdeckt, der mit dem Hafen selbst ein einziges Stück bildet. Der röhrenförmige Schnabel des Domes füllt die Arbeitsöffnung genau aus und wird mittelst einer oder zwei Platten von gebranntem Ton geschlossen. Diese Platten haben in ihrer Mitte ein Loch, welches durch einen Tonpfropf verschlossen gehalten wird. Das Schmelzen geht in diesen überdeckten Häfen langsamer von statten und braucht man dazu bedeutend mehr Brennmaterial, womit ein stärkerer Angriff der Häfen verbunden ist als bei den offenen.

Die Küvetten zum Schmelzen und Gießen der Spiegel sind je nach der Form des Schmelzofens und der Anzahl der Häfen, die er aufnehmen soll, bald rund, bald oval. Um als gut angesehen werden zu können, müssen sie mindestens 28—30 Schmelzungen aushalten, ihre Höhe wechselt zwischen 0,8 bis 1 m; gewöhnlich haben sie einen Inhalt von 400—500 kg.

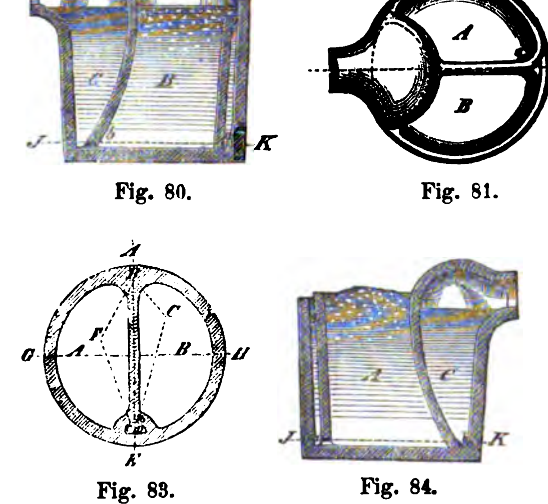
Die Ringe oder Kränze, die auf das Glas gelegt werden, um während des Blasens dessen Oberfläche stets rein und das Glas aus der Mitte zu erhalten, sowie die sogenannten Schiffchen und Klammern zum Überspannen eines Risses im Hafen, bestehen aus derselben Tonmasse wie die Häfen und werden nach denselben Regeln hergestellt.

In der Regel schwimmen die Ringe auf dem flüssigen Glase; kommt ein Untertauchen vor, so ist der Grund in einem zu schwachen Brennen der

verwendeten Schamotte zu suchen und namentlich, wenn man dazu Kaolin benutzte.

Häfen für kontinuierlichen Betrieb. Man hat schon länger verschiedene Versuche angestellt, um bei den Hafenöfen eine kontinuierliche Arbeit zu erzielen, worunter in erster Linie die von Siemens guten Erfolg gehabt haben.

Fig. 80—84 zeigen einen kontinuierlichen Hafen in den verschiedenen Durchschnitten. A ist der Schmelz-, B der Läuterungs-, C der Arbeitsraum. Der letztere ist bedeckt. Der Raum A muß stets ganz oder nahezu voll gehalten werden. Das geschmolzene Glas geht durch den Kanal a in den Läuterraum B, sinkt hier wieder zu Boden und tritt durch den Verbindungskanal B in den Arbeitsraum C. Die Höhe des Glasspiegels nimmt infolge des zunehmenden spezifischen Gewichts mit dem vollendeteren Schmelzprozeß in den drei Abteilungen ab. Übrigens ist noch zu bemerken, daß in B sich sammelnde, nicht vollständig in Glas übergegangene Bestandteile von Zeit zu Zeit abgezogen werden müssen.



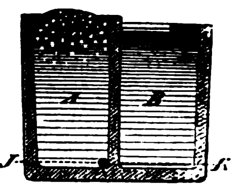


Fig. 80. Fig. 81. Fig. 82.

Fig. 83. Fig. 84.

Eine andere Anordnung zeigen die patentierten kontinuierlichen Häfen von Schön in Hamburg, Nehse in Blasewitz und Hirsch in Radeberg. Inbetreff der Beschreibung und Zeichnungen verweisen wir auf Dralle (S. 90 bis 83). Ferner ist noch zu erwähnen ein Verfahren von Epstein, Hohlglas aus offenen Häfen kontinuierlich zu arbeiten. (Glash. 1891, 16.)

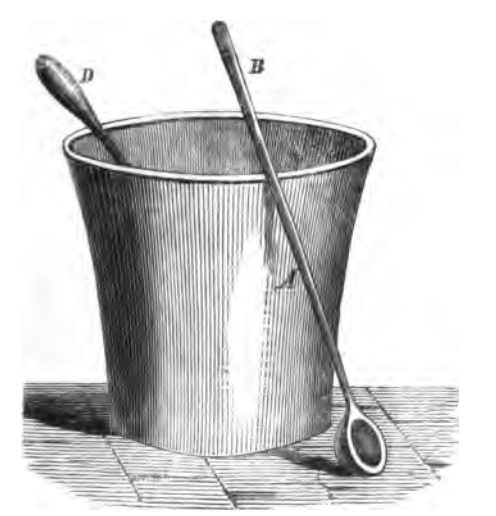
Die Gestalt der Häfen. Es ist diejenige Gestalt die beste, welche außer Darbietung der größtmöglichen Oberfläche der Wärme auch zugleich im Ofen leicht zu handhaben, bequem für den Arbeiter ist und eine genügende Menge schmelzenden Glases liefert.

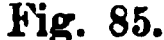
Die gewöhnlich angewendeten Hauptformen sind:

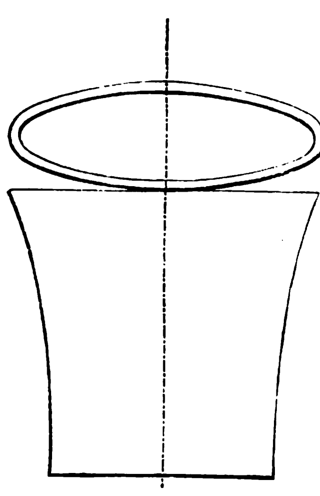
1) Runde Häfen mit kreisrundem Horizontaldurchschnitt und kapselförmiger Gestalt. Obgleich ein Zylinder, dessen Höhe seinem Durchmesser gleich ist, für das gleiche Volum die kleinste Oberfläche hat, so verliert man bei zylindrischen Häfen doch viel Raum in dem Ofen dadurch, daß man, um nicht die nötige Zirkulation der Wärme um die Häfen zu unterbrechen, zwischen denselben kleine Zwischenräume lassen muß. Aus diesem

Grunde hat man den runden Häfen die Gestalt eines umgekehrten, abgestumpften Kegels gegeben, bei welchem die beiden Durchmesser, je nach der größeren oder geringeren Höhe um 11—15 cm differieren [1]) (Fig. 85).

Diese Form hat ihre Vorzüge und ihre Mängel; sie ist vorteilhaft, wenn die Gesamtlänge einer Reihe Häfen der inneren Breite des Schmelzofens gleich oder nur wenig größer ist als diese, wenn sie in der Regel dem Dreifachen des größten Durchmessers eines Hafens entspricht, während man die Länge des Ofens in dem Falle, daß man für dessen Gestalt ein längliches Viereck dem wirklichen Quadrate vorzieht, nach dem Verhältnis = 5:4 bestimmt. Sofern man sich für einen quadratischen Ofen entscheidet, so stimmt die Zahl von 6 runden Häfen vollkommen mit dieser Rechnung überein; wollte man aber in denselben Ofen 8 Häfen ansetzen, so würde dies schon eine Änderung in der Größe des Durchmessers des letzteren und eine Beschränkung in der Breite des Ofens notwendig machen, vorausgesetzt, daß man denselben Raum im




Fig. 85.


Fig. 86.

Innern beibehalten wollte; in allen diesen Fällen würde alsdann das Verhältnis = 4:3 sein.

Weitere Vorteile, welche die runden Häfen darbieten, sind: a) sie setzen einem von außen kommenden Stoße einen größeren Widerstand entgegen, so daß man verhältnismäßig sehr dünne Wände machen darf, und dies hat wieder zur Folge, daß die Wärme sie schneller durchdringt und leichter auf die zu schmelzende Glasmasse einwirkt. Auch umspült die Flamme den runden Hafen leichter und besser und kehrt derselbe die Hälfte seiner Gesamtoberfläche denjenigen Stellen des Ofens zu, wo die Wärme die größte Intensität erreicht; b) sie lassen sich um ihre Achse drehen, so daß man eine, etwa auf der dem Feuer zugekehrten Seite entstandene fehlerhafte Stelle nach vorn

---

1) Die Form des Hafens soll nach Moritz nicht zu konisch sein, derartige oben breit und unten spitz geformte Häfen brechen viel leichter in der Hitze auf als solche, deren Wandungen steiler gehalten werden.



bringen und das Ausfließen von Glas aus einem Ritze oder einem Loche verhindern kann; c) erfordern sie zu ihrer Anfertigung auch weniger Ton und diese selbst ist leichter. Sie sind hauptsächlich in allen Glashütten in Gebrauch, wo man eine gute Steinkohle hat und wo man sich auf häufigere Unfälle der Häfen gefaßt macht.

2) Ovale Häfen mit elliptischem Horizontalschnitt (Fig. 86). Die Häfen von mehr oder weniger elliptischer Gestalt sind besonders in denjenigen Glashütten von großer Brauchbarkeit, welche geschickte Hafenmacher haben und deren Schmelzöfen mehr als 6 Häfen aufnehmen sollen; nötigenfalls kann man die ovalen Häfen, wenn sie nicht dicht nebeneinander stehen, auch einmal wenden. Beim Weichwerden bauchen sie sich leichter aus, wozu namentlich die flacheren Seiten sehr geneigt sind. Glashütten, welche Brenn-

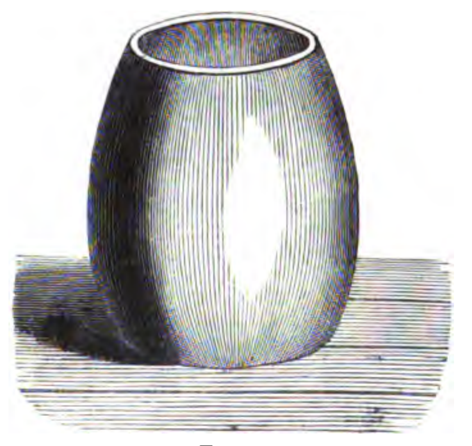


Fig. 87.

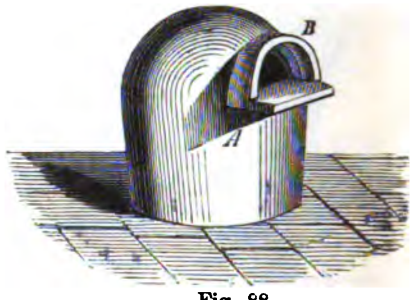


Fig. 88.

material von geringer Qualität anwenden, oder in welchen infolge der fehlerhaften Bauart des Ofens die strahlende Wärme keine Wirkung äußert, sind genötigt, den Häfen jene Gestalt zu geben, damit das darin befindliche Glas der von der Flamme reflektierten Wärme die größte Oberfläche darbietet. Diese können sich daher mit Vorteil runder Häfen nicht bedienen, ihnen sind die ovalen Häfen, denen man eine sehr große Oberfläche gibt, so daß der größte Teil des Glases unmittelbar von der Flamme getroffen wird, unentbehrlich. Außerdem erlaubt die ovale Form eine beträchtliche Vergrößerung des Zwischenraumes zwischen den unteren Teilen des Hafens und so eine Vermehrung der Zirkulation der Wärme um die Häfen; einesteils dadurch, daß man den Durchmesser am Boden verkleinert, andernteils dadurch, daß man gegen die Arbeitsöffnung einen langen und breiten Schnabel anbringt. Da sich jedoch der größte Teil des Glases in dem oberen Teile des Hafens befindet, so muß man dem Zusammensinken durch Verstärkungen oder vorspringende Wulste, die den Häfen mehr Festigkeit geben, zu begegnen suchen, während sie gleichzeitig in ihrer ursprünglichen Stellung verbleiben, wo sie sich gegenseitig stützen. Die ovalen Häfen sind hauptsächlich im nördlichen Frankreich und in Belgien in Gebrauch, sowohl bei Spiegel- und Fensterglas, wie auch bei Flaschen. In elliptischen und runden Öfen bedient man sich ge-

wöhnlich eiförmiger Häfen, Fig. 87. In der Blei-Krystallglasfabrikation oder zu feineren Glassorten oder überhaupt in Glasfabriken, wo das Brennmaterial im Ofen viel Rauch oder Flugasche erzeugt, welche die Gemenge reduzieren und das Glas während des Blasens verunreinigen würden, bedient man sich Häfen von allen den vorstehend beschriebenen Formen, nur sind dieselben, wie gesagt, gedeckt, d. h. mit einem sehr dünnwandigen, aus Hafenmasse gearbeiteten Dome überwölbt und bildet dieser mit dem Hafen ein Ganzes. (Fig. 88).

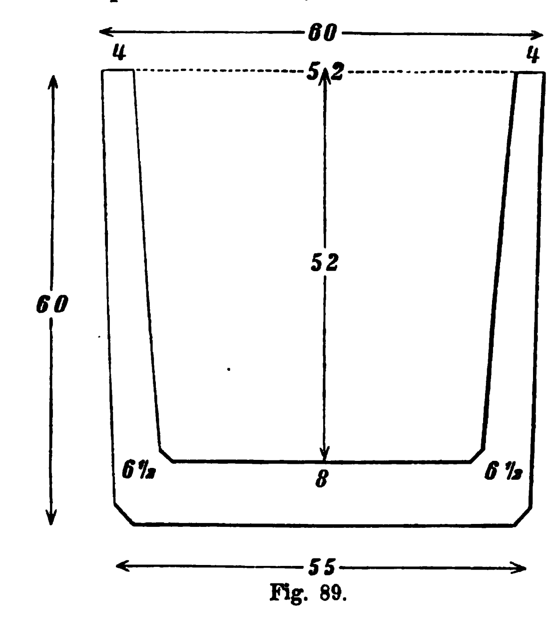


Fig. 89.

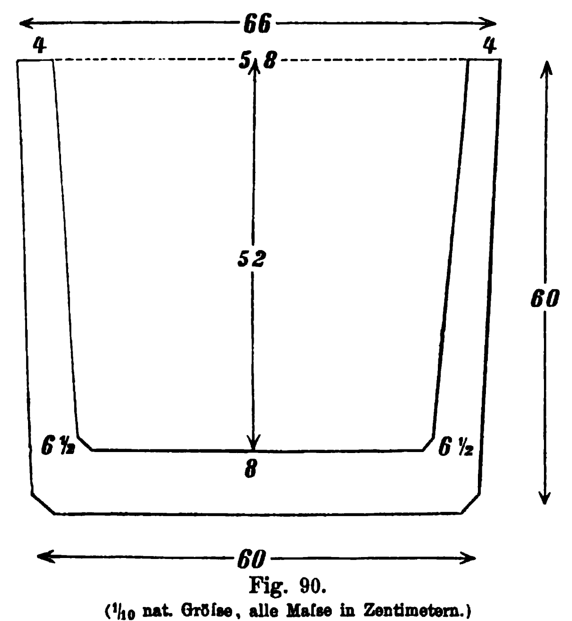


Fig. 90.
(1/10 nat. Größe, alle Maße in Zentimetern.)

Größe der Häfen. Im allgemeinen ist es ökonomischer und auch vorteilhafter hinsichtlich des Brennmaterials, eine gegebene Menge Glas in einem einzigen großen Hafen als in mehreren kleinen zu schmelzen. In Frankreich, Belgien und noch mehr in England arbeitet man mit weit größeren Häfen als in Deutschland, doch finden auch hier die größeren Häfen immer mehr Eingang.

Nicht zu übersehen ist hier eine von Anton Pagany, Verwalter der Glashütte zu Furth in Bayern, angestrebte systematische und mehr einheitliche Glashäfenkonstruktion. (Sprechsaal 1886, No. 29.)

Ausgehend von der gewiß zutreffenden Behauptung, daß die Haltbarkeit der Häfen nicht allein von der Qualität, Mischung und Bearbeitung der Materialien, sondern auch von der äußeren und inneren

Form abhängt, hat sich Pagany die Aufgabe gestellt, die bisherigen Häfen mit ihrer willkürlichen und ungleichmäßigen Wand- und Bodenstärke, sowie Unregelmäßigkeit hinsichtlich der Höhe und der unteren wie oberen Hafenweite, zu verbessern durch Einführung einer mehr niederen und entsprechend weiteren Gestalt. Es soll dadurch eine raschere Schmelzung, sowie eine gesteigerte Produktion herbeigeführt werden. Pagany berechnet so in detaillierter Angabe 25 Hafenformen mit je einem Inhalte von 70, 80 usw. bis 800 kg Glas. Als Beispiel führt derselbe neben einer gewöhnlichen Hafenform (Fig. 89) die verbesserte an, welche er als „Columbus-Hafenform“ bezeichnet (Fig. 90). Die erstere hält 92,1 cbdm mit 139,2 kg Glas, die letztere hingegen 114,7 cbdm mit 173,3 kg Glas, folglich pro Hafen 34,1 kg, d. 24,5 Proz. Mehrproduktion. Was die Einzelheiten des Entwurfs angeht, so vergleiche man die zitierte Zeitschrift.

Wannen. Eine Art von Häfen, die beim Spiegelguß zur Aufnahme des geläuterten Glases dienen, um dasselbe auf die Gießtafel auszugießen und darum Gießhäfen heißen, haben eine quadratische oder länglichviereckige Gestalt und werden Wannen genannt. Geht man davon aus, daß die Schmelzung des Glases von der Oberfläche aus erfolgt und dasselbe nur von oben Wärme empfängt, so ist, wie gesagt, diejenige Gestalt der Häfen die zweckmäßigste, welche bei geringster Höhe dem Glase die größte Oberfläche gewährt, und geht dadurch der Hafen in die flache Form der Wanne über.

Besonders ist es der auf diesem Gebiete hochverdiente Friedrich Siemens, der sich nicht bloß durch Einführung der sogenannten kontinuierlichen dreikammerigen Häfen, sondern auch mit einem weiter angebahnten Fortschritt durch Darstellung des Glases im Arbeitsraume des Ofens selbst, in der seinerzeit mit durchschlagendem Erfolge bekannt gewordenen Siemens'schen Wanne hervorgetan hat, welche die Häfen beseitigt und ein einziges großes Schmelzgefäß bildet. Dieselbe besteht, wie erwähnt, aus mehreren Abteilungen und gewährt damit die Vorteile der ununterbrochenen Arbeit. Als Material benutzte Siemens eine sehr kieselsäurehaltige Masse aus stark geglühtem Quarzsand und gut gebranntem Ton nebst 25 Proz. rohem Ton. Anfänglich greift der schmelzende Glassatz allerdings die Masse stark an, alsbald aber bildet sich ein immer mehr mit Kieselsäure gesättigtes und damit zähflüssigeres Glas, welches, da die Wanne im Boden durch besondere Luftkanäle beständig gekühlt wird, erstarrend ein weiteres Einfressen verhindert und die Hülle abgibt, in der gewissermaßen Glas in Glas geschmolzen wird. Am meisten leidet die Zone, in welcher sich die Oberfläche des schmelzenden Glases bewegt, d. h. diejenigen Steine, welche in derselben Höhe wie die Glasmasse sich befinden. Hier greifen die ins Schmelzen geratenen Stoffe, namentlich die schmelzenden Alkalien, die Steine sehr an. Noch mehr leiden die Zwischenwände, welche von zwei Seiten vom schmelzendem Glase umspült werden. Einer tonerdereichen, sehr hochfeuerfesten Masse ist hier der Vorzug zu geben. Zum Schmelzen des Glases in der Wanne bediente sich Siemens des bekannten, immer mehr verbesserten Braunkohlengas-Regenerativofens.

Siemens Wannenofen. Gezeichnet und beschrieben findet sich dieser bereits ältere Ofen in Dinglers Journal 1872, Bd. 204, S. 192. Die Wanne ist, wie wir wiederholen, durch Zwischenwände in den Schmelzraum, den Läuterraum und den Arbeits- oder Kühlraum geteilt. Die Flamme streicht über die Glasmasse und erhitzt bekanntlich dieselbe nur von der Oberfläche aus.



Siemens hatte den Wannenofen auf seiner Flaschenfabrik zu Dresden bereits seit 1870 in Betrieb und gefunden, daß die Leistung desselben größer als die eines daselbst arbeitenden zwölfhafigen Ofens gewöhnlicher Art ist. Die Mehrproduktion beträgt, auf gleichen Brennmaterialienaufwand bezogen, über 50 Proz., die Produktion ist pro Monat 180000—200000 Flaschen [1]). Nach Gruner und Dürre gibt der Siemens'sche Wannenofen ca. 7 Proz. Nutzeffekt, mithin des Doppelte der gewöhnlichen Öfen, und eine um 15 bis 20 Proz. größere Leistung gegenüber den Siemens-Öfen mit Häfen. (Dinglers Journal, Bd. 220, S. 323.)

Die Einführung der Wanne in der Glasindustrie ist unzweifelhaft als eine große Errungenschaft [2]) zu bezeichnen, und sie ist gewissermaßen mit der Einführung der Kreisbewegung an Stelle der Hin- und Herbewegung in der Mechanik verglichen worden. Die Wanne ermöglicht den regelmäßigen Betrieb, Anfang und Ende der Arbeit können genau geregelt und innegehalten werden. Sie erspart durch ihre Kontinuität unter Wegfall aller toten Räume, wie erwähnt, die Hälfte des Brennmaterials. Dazu kommt, daß durch sie die Hafenstube und die Temperöfen, eine bisherige große Sorge für viele Glashütten, wegfallen. Der Wannenofen dürfte demnach gegenüber dem Hafenofen den Zukunftsofen für die Glasindustrie und besonders für die Flaschenfabrikation bilden, wenn auch immer trotz vielfacher Verbesserungen behauptet wird, daß dem Wannenofen, wie allem Neuem, noch manche sogenannte Kinderkrankheiten anhaften. Auch soll die Wanne den Hafen nicht vollständig ersetzen können und namentlich da nicht, wo Farbenglas, Kristall, überhaupt Luxusgegenstände angefertigt werden. Nach Moritz ist ohne Hafen kein reines und gut durchgeschmolzenes Glas zu erzielen.

In neuerer Zeit gibt es mehrfach Wannen verschiedenen Systems, die sich wesentlich von einander unterscheiden. Man hat solche mit getrenntem Schmelz-, Läuter- und Arbeitsraum, andere, die nur einen einzigen Behälter bilden, in dem die drei genannten Operationen vor sich gehen, und nur durch eingelegte Kränze oder die sogenannten Schiffchen, auch schwimmende Wehre, der Läuterungs- von dem Schmelzprozeß einigermaßen getrennt wird. Weiterhin zerfallen sie in solche mit einer Glassorte oder Farbe und solche mit mehreren Farben oder Sorten. Hierher gehören die Wannensysteme Hahne [3]), Nehse [4]), Dralle, Klattenhof, Gobbe [5]) usw. Inbetreff der speziellen Einrichtungen verweise ich auf die eingehenden Darlegungen von Dralle, S. 93—179, nebst Atlas, worunter besonders hervorzuheben ist die Wannenanlage nach System Siemens zur Produktion von 4—4½ Millionen Flaschen pro Jahr.

Wannenmaterial. Gegenwärtig gibt man, soweit darüber nur spar-

---

1) Siehe weiteres nebst spezieller Aufzählung konstatierter Vorteile des Wannenofens in: Compendium der Gasfeuerung von Steinmann, S. 70. Von Schinz's Einwürfen (Dinglers Journal 176, S. 17 und 182, 216 ist nach Benrath nur der von ersterem wiederholt tadelnd hervorgehobene Nebenumstand einer Ablagerung von Teer und Ruß in den Gaskanälen ein notorischer Übelstand.
Um mittelst der Wanne ohne Aufenthalt arbeiten zu können, wird in dem der Société générale de Métallurgie patentierten Ofen in jedem Arbeitsloch ein Rohr aus feuerfestem Ton zur Entnahme des Glases eingeführt. (Glashütte 1882, S. 15.)

2) Dralle bezeichnet die Wannenanlage als den größten Fortschritt unseres Jahrhunderts in der Flaschenfabrikation.

3) Man vergl. Wiener Centralblatt 1887, No. 72, und Glashütte 1887, No. 4.

4) Ebenda 1890, No. 177.

5) Sprechsaal 1887, No. 2; Glashütte 1887, No. 1.

sam Mitteilungen in die Öffentlichkeit gedrungen sind, dem Schamottestein zu dem Boden wie den Seitenwänden der Wanne den Vorzug und wendet große, aus vorzüglichem Material hergestellte Schamottesteine (Blocksteine) bis zu 500 mm und mehr Stärke an. Solche Steine müssen wochenlang vortrocknen, dabei oft gewendet und allmählich gebrannt und gekühlt werden. Beim Brennen sind sie viel länger und möglichst scharf zu erhitzen als die Steine gewöhnlichen Formats. Der Boden hält bei gutem Material unter hinzukommender Kühlung mittelst besonderer Schornsteine mehrere Jahre aus. Bleiben doch die kontinuierlichen Wannen 6—7 Jahre, d. h. so lange, bis die aus Dinassteinen hergestellte Kappe erneuert werden muß, in ununterbrochenem Betriebe. Außer diesem großen Umbau macht sich nur alle 9—12 Monate ein Auswechseln der oberen Schicht Seitensteine, aber nur an der Schmelzstelle notwendig, was jedoch, da die Wanne an allen Seiten leicht und bequem zugänglich ist, während des Betriebs geschieht. Hierbei arbeitet man das in der Wanne befindliche Glas bis auf die zweite Schicht Seitensteine aus, darauf wird der zu ergänzende Stein in die Wanne hineingestoßen und der vorgewärmte Ersatzstein eingesetzt. Auf diese Weise wird ein Stein nach dem anderen erneuert und dauert diese ganze Reparatur für eine mittlere Wanne 5—8 Stunden. (Sprechsaal 1893, No. 36.)

Vornehmlich in England bedient man sich zu den Böden der hartgebrannten Schamottesteine kleinen Formats und stellt daraus einzelne Gewölbe dar, durch welche zur Kühlung des Mauerwerks die Luft zieht [1]). Bewährt haben sich Wannensteine aus einem feuerfesten Bindeton mit gut durchbranntem Schieferton, welcher den größeren Teil bilden muß. Als gutbekannte Gemengesätze für die verschiedenen Steine, welche bei dem Bau der Wannen gebraucht werden, können nach Dralle a) für Boden- und Ringmauer und b) für gebrannte Blocksteine gelten:

a)	roher Ton aus Almerode	1 Raumteil
	gebrannter Ton aus Almerode	1 „
	Sand aus gebranntem natürlichen Sandstein	1 „

Der Sandstein soll in einer unter 800° liegenden Temperatur gebrannt werden. Nach Ansicht Dralles sind entstehende Risse beim Antempern bis zu 4 mm Breite von keiner Bedeutung, da das Glas nur bis zu einer gewissen Tiefe eindringt, dann erstarrt und sich nicht mehr weiter einfrißt.

Nach demselben Autor (cit. Werk, S. 384) berechnet sich der Kubikmeter der bezeichneten Masse auf 79 Mark.

b)	roher Ton aus Almerode	2 Raumteile
	Schamotte aus guten Steinen	2 „
	Hafenschalen	1 Raumteil.

Die Siebweite beträgt für den rohen Ton 6 Drähte auf 10 mm, für Schamotte 3 auf 12 und für die Hafenschalen 5 auf 10 mm.

Steine zum Aufbau des Glasschmelzofens usw. Zu dem Glasschmelzofen [2]) (oder in gesonderter Beziehung dem Hafen- und Wannenofen), welcher aus dem Herd, den Bänken, dem Gewölbe, der Umfangsmauer und dem Schornstein besteht, bedient man sich auch hier mit Ausnahme der

---

1) Dralle (S. 195) schlägt zur Kühlung Steine aus bester Schamottemasse vor, wodurch zur Abkühlung beständig Wasser zirkuliert.

2) Inbetreff der Einzelheiten der Einrichtung und Konstruktion der Hafenöfen sei hier verwiesen auf Dralles Werk S. 65—86.

heißesten Stellen im Gewölbe am besten der geformten und gebrannten, ausreichend feuerfesten Schamottesteine[1]). Es können dazu verschiedene Tone dienen, die sonst nicht zur Glashafenfabrikation benutzt werden. Von Rühle wird bei Anwendung des Löthainer Hafentons angegeben für Ofensteine am Fuchs:

1 Teil Rohton Löthain (F. = 30—50 Proz.),
1 „ prima Hafenscherben,
1 „ prima Kapselscherben für Ofensteine zur Brustmauer,
1 „ gebrannter Ton Löthain,
1 „ gebrannter Sand.

Nach Angaben in Dralles Werk (S. 379) dient als Gemengesatz für Steine zum Bau von Hafenöfen:

Ton von	nach Flamm							Ruhl
	1 Andenne	2 Forges-les Eaux	3 Bedouin	4 Forges-les Eaux und Bedouin	5 Longnau	6 Vallendar	7 Klingenberg	8 Gross-Almerode
Roher Ton . . .	1	6	8	4 3	2	5	6	1
Gebrannter Ton .	—	—	—	—	—	—	—	1
Hafenschalen, grob	—	5	—	—	—	—	—	—
Hafenschalen, fein .	—	4	—	—	—	—	—	—
Sand.	3	—	13	7	1	—	8	—
Schamottemehl . .	—	6	8	7	—	7	—	—

Steine für die Ringmauer:

Ton von	nach Flamm				Ruhl
	1 Andenne	2 Forges-les Eaux und Bedouin	3 Longeau	4 Klingenberg	5 Gross-Almerode
Roher Ton	1	5 2	2	10	1
Gebrannter Ton	—	—	—	—	—
Hafenschalen.	—	4	—	—	—
Sand	2	12	—	6	2
Schamottemehl	—	10	1	7	—

Als Siebweite gibt Flamm im allgemeinen für Sand oder Quarz 6 Drähte auf 10 mm an. Ruhl nimmt für den rohen Ton Siebe von 4 Drähten auf 10 mm, für den gebrannten Ton 3,33 Drähte auf 10 mm.

Je stärker die Schamottesteine bereits durchbrannt sind, desto geringere Schwindung erleiden sie bekanntlich später. Sie werden mit grobem Sande aneinander gerieben, damit sie gut zusammenpassen und so wenig wie möglich Tonbrei, aus derselben Tonmasse zusammengesetzt, für die Fugen erforderlich sei. Bei der Formung der Gewölbesteine ist darauf Bedacht zu nehmen, daß

1) Ein älteres Verfahren des Ausstampfens des ganzen Ofens mit Tonmasse hat man als unpraktisch aufgegeben.

sie im Feuer an den dickeren Enden mehr schwinden als an den dünnen. In neuester Zeit benutzt man zum Gewölbebau fast nur Dinassteine, welche sich hier weit haltbarer als die Tonsteine erweisen, und je tonfreier dieselben sind, den Vorteil bieten, daß die von ihnen abfallenden Tropfen sich im schmelzenden Glase leichter lösen als die von Tongewölben abfließenden. An Stelle der Schamottesteine, resp. der Schamotte darin, verwenden manche Hütten grobkörnigen, reinen Sand, gebrochenen Sandstein (s. unten) wie auch Quarzitbruchteile zu Ofensteinen, welche Quarzmaterialien, wie wir wissen, im Feuer wachsend, dem Schwinden entgegen zu arbeiten vermögen. Empfohlen wird z. B. für Steine zu den heißgehenden Siemens'schen Regenerativgasöfen ein sehr wenig plastisches Gemenge, bestehend aus gleichen Teilen rohem feuerfestem Ton, Hafenscherben und scharf gebranntem Sande, alles in ziemlich fein gemahlenem Zustande, und haben sich derartig zusammengesetzte Steine, gut lufttrocken vermauert, z. B. auf der Dresdener Glasfabrik, gut bewährt.

Besonders zu Banksteinen für die Ofenbank nimmt man häufig gebrochenen, möglichst reinen Sandstein. So empfiehlt Loysel den aus fast reinem Quarz bestehenden Sandstein von Fontainebleau und ist in Deutschland neben anderen Fundstätten als recht gut bekannt der früher erwähnte Magdebnrger Sandstein.

Sandstein. — Mit Bezug auf das oben im ersten Kapitel über die Anwendung der natürlichen Gesteine Gesagte, ist noch im besonderen der Sandstein zu besprechen, welcher als solcher in der Glasindustrie zum Ofenbau, namentlich dem Gesäß [1]) und den Banksteinen für die Ofenbank benutzt wird.

Auf die Reinheit des Sandsteines kommt es hierbei an, d. h. er muß zu den hochfeuerfesten gehören, reichlich kieselsäurehaltig sein und soll keine leichter schmelzbaren Beimengungen enthalten. Ferner darf er nicht springen und muß sich genügend fest brennen. Die bekannte Eigenschaft des Sandsteins, im Feuer sich auszudehnen oder zu wachsen statt zu schwinden und so entstehende Fugen zu vermeiden, muß als ein bestimmter Vorzug gelten, der aber anderseits ebenso nachteilig, ja verhängnisvoll werden kann. Gewisse Rücksichten und Vorsichtsmaßregeln sind daher notwendig bei dem zu benutzenden Sandstein zu beachten. Um das Springen zu verhüten, muß derselbe, wie bekannt, vorher gehörig und stark ausgetrocknet werden, und ist der gewaltigen Kraftäußerung des beim Glühen wachsenden Sandsteins durch Raumlassen Rechnung zu tragen.

Empfohlen wird die Anwendung des Sandsteines in den Glashütten von Benrath und Dralle. Nach Moritz (Sprechsaal 1880, No. 20) ist der natürliche feuerfeste Sandstein das beste und dem Angriffe der Schmelzhitze wie den Salzdämpfen am meisten Widerstand leistende, daher zuverlässigste Ofenmaterial. Beim Legen der möglichst großen Steine muß man, wie bemerkt, die Vorsicht gebrauchen, zwischen denselben eine Fuge von 2—3 cm, ja nach der Länge der Steine, zu lassen, damit nicht der Unterofen auseinandergesprengt wird. Durch das Wachsen der Steine im Feuer schließen sich alle Fugen dicht. Moritz hebt auch die bessere Wärmeleitungsfähigkeit der natürlichen Steine hervor, welche leichter die Hitze an den Boden des Hafens abgeben, ihn heißer

1) Nach Dralle werden die Feuerungen und Gesäßschichten der Böotiusöfen fast ausschließlich aus natürlichem Sandstein hergestellt.

2) Was im allgemeinen die Mischungen mittelst Sand und Ton angeht, so sind dieselben an besonders heißen Stellen zu verwerfen und ganz entschieden da, wo ein intermittierender Betrieb vorkommt.



halten und so das Schmelzen des Glases begünstigen. Dralle bezeichnet in seinem Buche (S. 356) den Sandstein als ein „sehr zweckmäßiges Material“ und führt für dessen guten Bezug in Deutschland den erwähnten Sandstein aus der Nähe von Magdeburg, welcher sich völlig weiß brennt, sowie aus Stadthagen und von Velpke in Braunschweig an. Auch findet sich solcher in der Grafschaft Glatz (Schlesien), bei Bückeburg usw.

Wie wir wissen, muß überhaupt bei natürlichen Steinen das Anheizen des Ofens stets vorsichtiger geschehen, und überzieht man zum Schutze gegen die Stichflamme dieselben mit einer 2 cm starken Schicht von Lehm (besser feuerfestem Ton) und Stroh. Auch dürfen die Sandsteine nicht plötzlich abkühlen und vertragen schlecht Temperaturwechsel, weshalb deren Anwendung nur da zweckmäßig bleibt, wo dieselben kontinuierlich der Hitze ausgesetzt sind.

Strecksteine. — Noch anzuführen sind diese Steine oder eigentlich Platten, welche Temperaturwechsel gut vertragen müssen und richtig hergestellt in den Tafelglashütten eine wichtige Rolle spielen, doch genügen dazu die Abfälle aus der Hafenstube. Dieselben stellen eine verschieden große, länglich viereckige und bis 10 cm starke Schamotteplatte dar, welche vollkommen eben (nicht gekrümmt) sein soll. Statt der meist bevorzugten Platten aus Ton wendet man solche nur aus Kohle (Graphit) an und sind ferner solche aus Gips, Speckstein und auch Eisenplatten [1]) in Vorschlag gebracht worden. Das Trocknen, Brennen, Schleifen und Polieren macht die Streckplatten zu einem wertvollen Objekte.

Das Anmachen des Tones für Streckplatten geschieht in derselben Weise, wie für Hafenmasse und Ofensteine. Für die untere Schicht empfiehlt sich ziemlich grobe Schamotte und genügen auf 5 Teile Schamotte 3 Teile rohen Tones. Zu der oberen Schicht ist recht mehlfein gemahlene Schamotte zu nehmen; dieselbe muß mager angemacht werden, auf 2 Teile Schamotte 1 Teil roher Ton. Das Anfertigen der Strecksteine geschieht in Holzformen, welche auf 50—60 cm hohen Blöcken liegen. Empfohlen wird, den Boden der Form mit Stroh oder Schamotte zu bestreuen, dann mit alten Säcken zu bedecken und hierauf den Ton zu schlagen, wodurch das Trocknen des Steines sehr befördert wird. Man schlägt zuerst die grobe Schicht in die Form und zwar je nach der Größe der Platte 6—8 cm stark und recht gleichmäßig. Diese Schicht läßt man 1—2 Tage stehen, damit sie sich ansteift, und ist dies geschehen, so wird die feine Schicht aufgetragen, und zwar 3—4 cm stark, worauf das Ganze 4—5 Tage ruhig stehen muß. Nach dieser Pause müssen aber die Platten jeden Tag nachgeschlagen werden und zwar so lange, als Feuchtigkeit in den Platten enthalten ist, was, je nach der Lage des Trockenraumes, 10—14 Tage dauert. Sind die Platten vollständig trocken, so kann zum Brennen geschritten werden, was ebenso vorsichtig geschehen muß, als wenn Häfen aufgetempert werden. Geschieht das Anwärmen zu rasch, so krümmen sich die Platten. Sind die Platten gebrannt, dann werden sie geschliffen, wozu man sich einer Sandsteinplatte bedient, hierauf mit Tonwasser poliert und sodann, wenn sie trocken sind, in den Streckofen gefahren. Zweckdienlich ist, dieselben nach 24 Stunden herauszunehmen und in heißem Zustande nochmals mit Bimsstein und Tonwasser nachzuschleifen. Bei guter Anfertigung halten sie mindestens 8—10

---

1) Moritz empfiehlt Strecksteine aus Gußeisen, die sich nicht verziehen und ein glänzenderes, sowie ein nie anbrennendes Glas liefern sollen. (Sprechsaal 1882, S. 385)

Wochen. Während des Gebrauches genügt meist das einfache Abreiben mit Bimsstein oder können auch die Steine nachpoliert werden. Die Strecksteine finden ihren Platz in einem eigenen Ofen, dem Streckofen, welcher in der Fensterglasfabrikation eine ebenso wichtige Rolle wie der Schmelzofen spielt.[1])

Fehler im Glase. — Kurz sollen hier noch die Fehler im Glase und deren zufällige oder bedingte Entstehung erwähnt werden, wobei Teile der Hafen oder Steinmasse eine nachteilige Rolle spielen.[2]) Die sich findenden Trübungen im Glase können weiterhin die Folge von Unreinheiten der benutzten Materialien sein oder treten auf infolge unvollständigen Mischens der Gemengteile des Glassatzes oder nicht ausreichender Erhitzung (Läuterung), oder auch nachlässiger Reinigung des Glasmasse (Abschöpfen der Glasgalle). Auch kann die Glasmasse selbst Veränderungen (Entglasung) erleiden. So bilden sich im Glase die Blasen, Bläschen, Pünktchen, graue Flecken, Knoten, Steine (windiges, rampiges, griesiges und schlieriges Glas).

Als das Glas trübende Mineralien oder sich bildende Verbindungen finden sich dann noch Quarz, Tridymit usw., Wollastonit, Kalziumdoppelsilikat, Feldspatkristalle. In betreff der Auffindung der Fehler im Glase mit dem bloßen Auge, der Lupe oder vermittelst Dünnschliffes sei hier verwiesen auf interessante Mitteilungen von Appert und Fouqué. (Tonind.Ztg. 1890, No. 27.)

Feuerfeste Mörtel.

Die feuerfesten Zemente oder Mörtel, oder auch künstlicher Zement[3]) und Feuerkitt haben beim Aufbau von Mauern, Gewölben usw. die Bestimmung, die entstehenden Fugen und die damit vermehrten Angriffspunkte auszufüllen oder die Unebenheiten der sich am besten möglichst unmittelbar berührenden Steine auszugleichen. Der Mörtel soll ferner das Mauerwerk zu einem festen Ganzen verbinden und sich daher bei der in den verschiedenen Öfen herrschenden Temperatur, doch nur bis zu einem gewissen Grade jedesmal verkittend, brennen. Die Verkittungsfähigkeit des ff. Mörtels muß sich notwendig nach der Verwendungstemperatur richten. Handelt es sich um eine geringe Temperatur, so muß auch in dieser der Mörtel seine dichtmachende Wirksamkeit ausüben und genügt alsdann ein wenig feuerfestes Material; ist sie eine hohe, so hat mit der gesteigerten Anforderung auch die Feuerfestigkeit zuzunehmen; doch soll der Mörtel immer eine größere Schmelzbildung, die indeß die des Mauerwerks nicht bedeutend übertreffen soll, aufweisen. Dabei ist zu bemerken, daß je höher die auszuhaltende Temperatur ist, umsomehr sich der feuerfeste Mörtel in seiner Zusammensetzung wie Güte dem verwendeten Steinmaterial nähern muß; überhaupt aber soll er möglichst wenig schwinden und sich keinenfalls auflockern.

Wenn man auch namentlich früher geringen Wert auf eine sorgsame und noch weniger auf eine rationelle Behandlung des feuerfesten Mörtels legte, wozu kurzweg alles gut genug war, so spielt derselbe doch bei der Ausführung von feuerfestem Mauerwerk eine wichtige, ja bedeutende Rolle. Ein schlechter oder ungeeigneter Mörtel zieht die damit in Berührung gebrachten

---

1) Über die Anlage der Strecksteinöfen nebst Zeichnungen findet sich ein beachtenswerter Aufsatz im Sprechsaal 1896, No. 10.

2) Über Reparatur schadhafter Häfen s. m. Sprechsaal 1892, No. 19.

3) Die Bezeichnung ist gegenüber dem Kalkzemente eine unzutreffende und verwirrende.



feuerfesten Steine in Mitleidenschaft, was von den nachteiligsten Folgen sein kann. Seine Darstellungsweise ist daher keineswegs gleichgültig und verdient ebenso die volle Beachtung wie die der feuerfesten Fabrikate überhaupt. Hat man die dem Verwendungszweck jedesmal angepaßten Materialien ausgewählt, so ist auf die geeignete Behandlungsweise für die Benutzung zu sehen. Zunächst ist der Mörtel völlig zu durchfeuchten: man breitet denselben in einem flachen Kasten gleichmäßig aus, übergießt ihn mit wenig Wasser, das damit einen viertel bis halben Tag in Berührung bleibt, dann setzt man reichlicher Wasser zu und arbeitet die dünnflüssige Masse tüchtig durcheinander. Dient der Mörtel zum Aufbau, so ist gewissermaßen nur mit dem Pinsel zu mauern. Beim Ausbessern damit und selbst während des Betriebes, sind vorher die Feuerungswände tunlichst von Schlacken zu reinigen. Der im letzten Falle nur bis zu einem steifen aber gut bildsamen Teig angemachte Mörtel wird mit einer hölzernen Schaufel von unten anfangend auf die ausgefressenen Stellen fest aufgedrückt, und damit unter schließlicher Glättung so lange fortgefahren, bis der Ofenraum die alte Form erlangt hat. Beim Aufbau wie der Ausbesserung ist stets zuerst das Mauerwerk recht allmählich anzuwärmen.

Die feuerfesten Mörtel lassen sich bezeichnen als natürliche oder künstliche, oder auch je nach der besondern Anwendungsweise. Zu den natürlichen, die man ursprünglich angewendet und am längsten bekannt sind, gehören die bekannten Klebsande oder der Schmierton, oder überhaupt sandhaltige Tone zur momentanen Verwendung. Als ein hervorragendes Naturprodukt ist darunter zu nennen der Ganister. Auch ist dahin ein ähnliches Material zu rechnen (cf. Töpf.-Ztg. 1881, S. 42), der sogenannte „Kraterzement“ vom Herchenberg bei Brohl am Rhein, ein wahrscheinlich durch vulkanisches Feuer gebrannter sandhaltiger Ton. Derselbe enthält nach der Analyse des Verfassers Kieselsäure 86,34 Proz., Tonerde 6,03 Proz., Eisenoxyd 0,68 Proz., Wasser 2,38 Proz. und nicht bestimmte Bestandteile 4,57 Proz.

Zu den künstlichen Mörteln sind zu rechnen die besonders dargestellten: der Schamottemörtel, der Kaolinmörtel, der Quarzmörtel, der Lürmann'sche „Zement“, das sogenannte plastische Dinaskristall[1]), usw. Nachstehend sollen die genannten verschiedenen Mörtelmaterialien besprochen werden.

Die Klebsande sind, wie oben erwähnt, Quarz- oder Quarzitsande, denen mehr oder weniger stark bindender Ton beigemengt ist. Sie kommen in der Natur sehr verbreitet vor und sind in allen feuerfesten Tonlagern schicht- oder wenigstens stellenweise anzutreffen. Je mehr Kieselsäure, bis zu 90 Proz., neben mäßiger Flußmittelmenge dieselben enthalten und sich die angemachte Masse recht klebend wie gut formbar verhält und zugleich nach dem Brennen verdichtet erscheint, um so geschätzter ist das Material. Unbrauchbar dagegen sind die sich lose und locker brennenden.

Hinsichtlich seiner Zusammensetzung kommt der sogenannte Ganister den Klebsanden gleich. Gefunden wird, wie bekannt, dieser tonhaltige Sandstein in Sheffield und Dowlais unter den Steinkohlenschichten als ein dichtes, kieseliges Gestein, dessen Farbe von hell- oder dunkelgrau bis zu graubraun und rötlich wechselt. Die Farbe rührt von der Gegenwart einer geringen Menge organischer, kohliger Substanzen und Eisenoxyd her und ändert sich je nach der Menge beider Beimengungen. In dem Gestein begegnet man zahlreichen

1) Man s. d. Verf. Dinglers Journal 1876, B. 221, S. 345.

Pflanzenabdrücken. Besonders geschätzt wird der Ganister aus der Loowod-Grube in Deepcar bei Sheffield, wo die Schichten in einer Tiefe von mehr als 300 m die ansehnliche Mächtigkeit von 2,40 m aufweisen.

Nach Snelus (The Iron and coal Trades Review. Sept. 1875) sind der Sheffield-Ganister (1), der mehr bindend ist und der Dowlais-Ganister (2) in folgender Weise zusammengesetzt:

	1.	2.
Kieselsäure . . .	89,55	93,05
Tonerde	4,85	4,23
Magnesia	0,11	Spuren
Kalk	0,60	0,26
Eisenoxyd . . .	0,85	0,80
Alkalien	0,94	—
	96,90	98,34

Nach Backer enthält der Ganister von Sheffield 94,40 Kieselsäure, 4,21 Tonerde, 0,70 Eisenoxyd neben 0,69 Glühverlust.

Vornehmlich wird der Ganister benutzt beim Auskleiden der Bessemerbirnen, wie auch der Puddelöfen usw. und aller solcher Apparate, die bei bedeutenden Hitzegraden der Einwirkung metallischer Oxyde ausgesetzt sind.

Will man die Schmierfähigkeit vermehren, so setzt man, besonders bei dem Dowlais-Ganister etwas feuerfesten Ton, selbst bis 8 Proz. hinzu. Neuerdings benutzte, beiläufig bemerkt, Loowod in Sheffield den Ganister auch direkt zur Herstellung feuerfester Steine. Diese Steine sollen einen recht hohen Hitzegrad ertragen, ohne zu wachsen — ein Vorzug gegenüber den Dinassteinen, welche letztere aber, wie einleuchtend, wegen des geringern Gehaltes an Basen wie des reichern an Kieselsäure mehr schwerschmelzbar sind.

Bei uns wird auch eine solche Masse künstlich zubereitet aus zerstoßenem Sandstein usw., dem man eine geringe Menge feuerfesten Ton beimischt.

Unter Schamottemörtel[1]) (auch Schamottemehl) sind im Gegensatz zu dem kieselsäurereichen die aus tonerdereichen Tonen und solchen Abfällen oder auch aus gebranntem Kaolin nebst Bindeton hergestellten Mörtel zu verstehen. Als leitendes Prinzip gilt insbesondere bei dem Schamottemörtel, daß derselbe in der den benutzten feuerfesten Steinen entsprechenden Zusammensetzung hergestellt wird. Diese zeigen trotz hoher Schwerschmelzbarkeit ein verhältnismäßig frühes Erweichen, also Erhärtung nach dem Erkalten. Analysen davon sind nur wenige bekannt. Ein geschätzter, dahin gehörender feuerfester Mörtel von Kayser in Darmstadt bestand nach einer mitgeteilten Analyse aus: Tonerde 30,50 Proz., Kieselsäure 62,10 Proz., Magnesia 0,07 Proz., Kalk 0,45 Proz., Eisenoxyd 1,61 Proz. und Kali 1,10 Proz.

Ein sogenannter, oben erwähnter Kaolinmörtel, der hergestellt ist von Haupt und Lange in Brieg, hat als feuerfester Mörtel und Schmiermasse zum Ausstampfen von Ofenfuttern eine ausgezeichnete Verwendung gefunden. Derselbe besteht aus schlesischem bei Weißgluthitze gebranntem Schieferton nebst Kaolin und soll die sehr große Tonerdemenge von 43—48 Proz. enthalten. Bei Anwendung des Materials zum Aufbau wird dasselbe erst trocken reichlich ge-

1) Beiläufig bemerkt, wird ein Zusatz von Schamottemörtel zum hydraulischen Zement empfohlen. Eine Beimengung von 10 Proz. Schamotte zu gewöhnlichem Mörtel soll das Zerbröckeln oder Reißen verhindern und so dessen Druckfestigkeit erhöhen. (Tonind.-Ztg. 1895, No. 43.)

mischt, dann mit Wasser zu einem dünnen Brei angerührt und hierauf der vorher angefeuchtete Schamottestein eingetaucht oder aber der Brei mit einem Löffel schichtweise aufgetragen, ausgeglichen und festgestampft. Im Handel findet sich unter andern ein als reiner Tonmörtel unter dem Namen Phönix-Schamottemörtel bezeichnetes Fabrikat aus der Eisenberger Fabrik von Fliesen [1]) (Rheinpfalz). Künstlicher Feuermörtel aus Quarz wird hergestellt von Bender in Worms (Notizbl. 1886, H. 2, S. 177).

Eingehender soll hier besprochen werden der besonders leicht schmelzbare Mörtel von Lürmann [2]), welcher statt aus wenigstens einigermaßen feuerfesten Materialien, sogar im Gegenteil aus Kalk, Dolomit, Mörtel, Hochofenschlacke, Glas usw. mit Zusatz von Sand, Ton, Schamotte hergestellt wird und in mäßigem Hitzegrade bereits schmilzt. Von Feuerfestigkeit auch in bescheidenstem Sinne kann bei solchem Zementmörtel selbstverständlich nicht irgend die Rede sein, und gehört das Material streng genommen nicht hierher, kann indeß da, wo es sich um sehr niedrige Temperaturen handelt und die Einwirkung höherer Hitzegrade völlig ausgeschlossen ist, seinen Zweck erfüllen, indem es eine Verkittung des Mauerwerks zuwege bringt. Entschieden zu beachten ist indeß dabei, daß bei der Erhitzung solche flußmittelreiche Gemenge alsbald ein sehr ungleichartiges Produkt geben, das stellenweise ein Glas bildend, Temperaturwechsel nicht verträgt und dennoch teilweise selbst locker bleiben kann.

Dagegen wird von Lürmann behauptet, der Mörtel bewirke eine so haltbare und geschlossene Vereinigung der Steinlagen, daß man die damit gemauerten Steine als einen einzigen Block betrachten könne, und sei die Wirksamkeit des doch nur einen sehr kleinen Teil des ganzen Mauerwerks bildenden Mörtels eine solch minimale, daß eine größere Zerstörung dadurch nicht eintrete. Zudem laufe der flüssige Teil aus, und bleibe ein im Ganzen unschädlicher Rest zurück.

Kitte. — Ferner gibt es noch eigentümliche Fabrikate, die als feuerfeste Mörtel, namentlich zum Ausbessern von Gasretorten und Ausfüllung von Rissen im Mauerwerk im Handel empfohlen worden. Es ist dieses das erwähnte sogenannte plastische Dinaskristall. Dasselbe enthält über 87 Proz. Kieselsäure und über 7 Proz. eisenhaltige Tonerde und 1 Proz. Kalk. Pyrometrisch kann ein solches Gemenge keine hohe Stellung einnehmen, indeß hält sich das bildsame und unmittelbar verwendbare Material in heller Rotglühhitze recht gut und brennt sich, vorher völlig getrocknet, ohne zu schwinden oder zu wachsen.

Dann sind in den Glasfabriken unter andern bekannt Sellner's, wie der holländische, breiartige und kittartige Zement. Beide enthalten schon bedeutende Mengen Kalk, sind sowohl für sich wenig schwerschmelzbar und namentlich in Verbindung mit Tonerdematerial nichts weniger als feuerbeständig. Der holländische Zement ist zudem beträchtlich gipshaltig.

Außerdem gibt es noch leichter schmelzbare, also an sich keineswegs feuerfeste Kitte, welche dazu dienen, zerbrochene Gegenstände zu kitten, die nachdem sie in äußerst dünner Lage aufgetragen, mit Glasur an den Kittstellen überzogen und nun nochmals dem Scharffeuer ausgesetzt werden.

Schmierton. — Zum Dichtmachen oder momentanen Ausschmieren

1) Töpfer- u. Ziegler-Ztg. 1894, No. 45.
2) cf. Ind.-Ztg. 1883, No. 33.



von schadhaften Stellen in Öfen, die sich im Brande befinden, wendet man, wie schon angedeutet, feuerfeste Tone (Dichttone) an, die eine plötzliche Erhitzung ohne ab- oder auseinander zu springen vertragen und zudem billig zu haben sind. Mit Vorzug werden dazu die hessischen Tone, so der vom Mönchsberg, von Grossalmerode usw. benutzt.

Zusatz zu Seite 64.

Zu verweisen ist hier auf den bedeutungsvollen und reiflich durchdachten Vortrag von Ludwig, Chemiker im Laboratorium für Tonindustrie in Berlin. „Über Beziehungen zwischen der Schmelzbarkeit und der chemischen Zusammensetzung der Tone“ [1]), wonach für eine Reihe von Tonen eine Übereinstimmung zwischen der ermittelten und der berechneten Schmelzbarkeit im großen und ganzen, wenn auch nicht stets, als erwiesen anzunehmehmen ist.

Die Ludwigsche Arbeit erschien, als der Druck des vorliegenden Werkes schon zu weit vorgeschritten war, um sie an der betreffenden Stelle noch berücksichtigen zu können. Es folgt deshalb das wesentliche des Ludwigschen Vortrages als nachträglicher Zusatz zu Seite 64 des Werkes.

Ludwig bediente sich bei seinen Feststellungen, betreffend die Schmelzbarkeit der Bestandteile der Tone, folgender Umrechnungen und graphischen Darstellung. Zunächst sind die mittelst der chemischen Analyse gefundenen Zahlen in Moleküle umzurechnen, indem jede Zahl durch das betreffende Molekulargewicht dividiert wird, also die Tonerde durch 102, die Kieselsäure durch 60 und das Eisen, als Eisenoxydul angenommen, durch 80 usw.

Dann dividiert man die berechneten Moleküle durch die für die Tonerde gefundene Moleknlarzahl, womit denn die Zahl für die Tonerde sich gleich 1 stellt.

Zur weiteren Vereinfachung lassen sich, da gleiche Moleküle der Flußmittel gleiche Schmelzwirkung ausüben, die für die Flußmittel ermittelten Zahlen einfach addieren und als RO bezeichnen, wenn auch nicht ausschließlich Basen darunter zu verstehen sind. Es ergibt sich so z. B. für den Grünstädter Kaolin die Summenformel:

$$Al_2 O_3 + 2,125 \, Si O_2 + 0,0755 \, RO$$ [2]).

Die ganze Analyse vermag man so mit zwei Zahlen auszudrücken, welche einen festen Vergleichspunkt geben, der bei den üblichen Prozentzahlen nicht vorhanden ist. Schließlich lassen sich die so erhaltenen übersichtlichen und vergleichbaren Zahlen in einer leicht übersehbaren graphischen Darstellung einordnen. Hält man sich an die in vorstehender Weise hingestellte Zusammensetzung, so enthält dieser Ausdruck nur 2 veränderliche Zahlen, welche sich durch die Lage in einem Ordinatensystem wiedergeben lassen, in dem man in horizontaler Richtung als Abszisse den Kieselsäuregehalt und in senkrechter, als Ordinate, die Flußmittelmenge, beide also in Molekülen ausgedrückt, an den sich von selbst ergebendeu Punkten einträgt. Da die Flußmittelmenge meistens

1) Tonind.-Ztg. 1904. Nr. 63.
2) M. s. in dem zitierten Artıkel Tontafel. Nr. 20.

sehr klein und ein kleiner Unterschied von großem Einfluß auf die Schmelzbarkeit ist, so empfiehlt Ludwig die Flußmittelzahl zehnmal so groß darzustellen wie die Kieselsäurezahl. Hinsichtlich der Wirksamkeit der Flußmittel hebt Ludwig beiläufig hervor, daß es nicht auf die chemische Bindung, sondern auf deren mechanische Verteilung ankomme.

Die Beziehung zwischen der Kieselsäure wie der Flußmittelmenge der Tone wird uns so in bestimmter Weise veranschaulicht und eine Ähnlichkeit oder Unähnlichkeit zwischen Zusammensetzung und Schmelzbarkeit von verschiedenen Tonen in übersichtlicher Weise vorgeführt.

Ludwig hat bei der gründlichen und erschöpfenden Behandlung seiner gestellten Aufgabe nicht unterlassen, auch den von mir aufgestellten und wiederholt wegen seines mehrfachen Zutreffens verteidigten F. Q. oder richtiger Schmelzbarkeitsquotienten zu besprechen, wobei er, abgesehen von einer gewissen Willkürlichkeit in der Berechnungsweise einräumt: „der von mir angegebene Schmelzbarkeitsquotient decke sich für feuerfeste Tone mittlerer Zusammensetzung so ziemlich mit der Erfahrung."

Gehen wir über zu den als Bestimmungsmittel benutzten Segerkegeln, so ist nicht zu übersehen, daß dabei, worauf Ludwig auch bereits aufmerksam gemacht hat, der subjektiven Auffassung ein gewisser Spielraum verbleibt, je nachdem man sich z. B. bei einer mittleren Stellung zwischen zwei Kegeln an den höhern oder tiefern hält. Was dabei den nicht momentan zutreffenden und daher verschiebbaren Schmelzpunkt des geprüften Tones angeht, so ist der Ton zum wirklichen Schmelzen unter Deformierung zu bringen, wozu eine genügend hohe und eine hinreichende Temperatur erforderlich ist. Die so vorgenommene Bestimmung leidet daher an nicht zu übersehenden Fehlern. Ferner ist noch als schwache Seite der Bestimmungsweise der Schmelzbarkeit der Tone mit Hilfe der Segerkegel zu beachten die bedeutende Unähnlichkeit der Schmelzerscheinungen zwischen den Tonen und der wesentlich verschiedenartigen Segerkegelmasse. Findet doch ein unzweifelhaftes Zutreffen der ungleichen Äußerung der Schmelzzeichen nur selten statt und ist daher die Feststellung der Schmelzbarkeitszahl nicht einwandfrei. Den so erzielten Ermittlungen läßt sich somit aus mehrfachem Grunde nur ein relativer Wert beimessen und sind Schwankungen in den Feststellungen nicht ausgeschlossen. Die von der Prüfungstemperatur abhängige Verschiebung kann mehrere Kegel betragen.

Nicht weniger als vierundachtzig Tone und ein Bauxit wurden von Ludwig zusammengestellt und zwar unter 1. die Herkunft des Tones, unter 2. die Bestandteile in Hundertsteln vom Gewicht, sowie unter 3. die Moleküle auf 1 Mol. Tonerde berechnet, 4. die resultierende Summenformel und 5. die Schmelzbarkeit in Segerkel ausgedrückt. Ferner zeigt uns Bild 1 und 2 die gezogenen Linien für die festen Punkte des Gehaltes an Kieselsäure und Flußmittel mit den je ermittelten entsprechenden Segerkegeln. Die zweite Tafel dagegen enthält die übersichtliche Zusammenstellung der Analysen der Tone in den vier vorstehend bezeichneten Kolonnen.

Hinsichtlich der speziellen Ausführung der Aufstellung und Berechnungsweise, wobei, wie wir in wenigen Worten zusammengefaßt, kurz hier wiederholen, der Ton 28 (Grünstädter Kaolin) als Beispiel gewählt wurde, sehe man die zitierte Tonindustriezeitung 1904 Nr. 63 S. 777, wo sich angegeben findet zunächst die Analyse in Prozenten, dann die Umrechnung der Zahlen in Moleküle, sowie Division der letzteren durch die für die Tonerde gefundene Mole-

kularzahl, hierauf Addition der für die Flußmittel gefundenen Zahlen, bezeichnet RO, womit für den je vorliegenden Ton der Ausdruck für die sich ergebende Summenformel erhalten wird.

Weiterhin möge angeführt werden, daß die Kieselsäurezahl maßgebend für die Zwecke ist, zu denen wir den Ton verwenden und wieweit derselbe basisch oder sauer ist. Die Flußmittelzahl ist besonders dann maßgebend, wenn es sich um einen Ton handelt, der nur trockene Hitze aushalten soll. Ob das Kali als Feldspat vorhanden, kommt dabei weniger in Betracht, wohl aber die Korngröße des Feldspats.

Was noch die graphische Darstellung der so erlangten Zahlen betrifft, so lassen sich dadurch Vergleiche mit der auf Grund der Schmelzversuche ermittelten Schwerschmelzbarkeit vornehmen.

Was schließlich ein Zutreffen zwischen dem berechneten und dem ermittelten Schmelzen oder Schmelzpunkt bei den zusammengestellten Analysen angeht, soweit dabei von einem Zutreffen die Rede sein kann, so zeigt nach der Angabe von Ludwig die ganze Reihe der mährischen Tone Nr. 62—75 eine „vorzügliche“ Übereinstimmung; doch sind anderseits Abweichungen von der Gesetzmäßigkeit, und namentlich bei den unreineren Tonen, entschieden vorhanden und erklärlich, worauf denn meine Darlegungen, wie mehrfach begründbar und nicht zu verkennen, hinweisen.

Sach-Register.

G.

H.

I.

K.

L.

M.

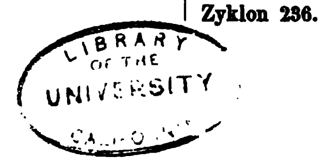
N.

O.

P.

W.

Z.



Druck von J. B. Hirschfeld in Leipzig.


TN677
B5
1904
131592

